

**FACTORES DE RIESGO NEUROMUSCULARES PARA LESIÓN DE
RODILLA EN EL EQUIPO FEMENINO DE BALONCESTO EN LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, 2011.**

**ANDRÉS FELIPE BLANDÓN OCAMPO
HADY YANED GRANADA RÍOS**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA CIENCIAS DEL DEPORTE Y LA RECREACIÓN
PEREIRA
2011**

**FACTORES DE RIESGO NEUROMUSCULARES PARA LESIÓN DE
RODILLA EN EL EQUIPO FEMENINO DE BALONCESTO EN LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, 2011.**

**ANDRÉS FELIPE BLANDÓN OCAMPO
HADY YANED GRANADA RÍOS**

Tesis de Grado

**Director
Alejandro Gómez Rodas
Profesional en Ciencias del Deporte y la Recreación
Especialista en Actividad Física y Salud**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA CIENCIAS DEL DEPORTE Y LA RECREACIÓN
PEREIRA
2011**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	7
2. JUSTIFICACIÓN.....	13
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 GENERAL:.....	17
3.2 ESPECÍFICOS:	17
4. MARCO REFERENCIAL.....	18
4.1 MARCO CONTEXTUAL:.....	18
4.2 MARCO TEÓRICO.....	22
4.2.1 Estructura Anatómica de la Rodilla:	22
4.2.2 Ligamentos de la rodilla:	23
4.2.3 Mecánica articular:.....	24
4.2.4 Factores de Riesgo Asociados a Lesión de Rodilla:	25
4.2.4.1 Factores de riesgo Ambientales:	26
4.2.4.2 Factores de riesgo Anatómicos:	27
4.2.4.3 Factores de riesgo Hormonales:.....	29
4.2.4.4 Factores de riesgo Neuromusculares:	29
4.2.4.4.1 DESEQUILIBRIOS NEUROMUSCULARES.....	34
4.2.4.4.1.1 La Dominancia Ligamentaria:	34
4.2.4.4.1.2 La Dominancia del miembro inferior:.....	36
4.2.4.4.1.3 Contracción Dominante del Cuádriceps:.....	38

4.2.5 OSTEOARTRITIS DE RODILLA:	40
5. METODOLOGÍA	42
5.1 DISEÑO:.....	42
5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA:.....	42
5.3 VARIABLES:.....	44
6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	46
6.1 TÉCNICAS:.....	46
6.1.1 Repetición Máxima (RM):.....	46
6.1.2 Test (step Down)	48
6.2 INSTRUMENTOS	51
6.2.1 Curl Femoral:.....	51
6.2.2 Extensión de los cuádriceps:	53
6.2.3 Step:.....	55
Figura 5. Test de cualidad del movimiento, tomado de.	55
7. EVALUACIÓN ÉTICA.....	57
8. RESULTADOS.....	58
9. DISCUSIÓN	64
10. CONCLUSIONES	68
11. RECOMENDACIONES	69
12. BIBLIOGRAFÍA.....	70
ANEXOS.....	76

RESUMEN

En los últimos años se ha incrementado la participación de mujeres en el deporte del baloncesto, lo que ha producido un aumento concomitante en lesiones de rodilla, especialmente en lesión del ligamento cruzado anterior. Diversas investigaciones han demostrado que tras identificar, evaluar, e implementar estrategias preventivas para los factores de riesgo neuromusculares como la dominancia ligamentaria, contracción dominante del cuádriceps y dominancia del miembro inferior, se disminuyen las tasas de lesión. El objetivo general de la presente investigación es identificar los factores de riesgo neuromuscular para lesión de ligamento cruzado anterior en mujeres del equipo de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira. El diseño de la investigación fue de tipo descriptivo con muestra no probabilística intencionada, conformada por 8 jugadoras de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira. Se encontró desequilibrio neuromuscular para el cociente isquiotibial cuádriceps bilateralmente y no se encontró alteración entre los niveles de fuerza isotónica del miembro inferior dominante versus no dominante, como tampoco hubo diferencias en calidad de movimiento. La implementación de evaluaciones que permitan identificar factores de riesgo neuromusculares para lesión de rodilla arrojan información valiosa para la prevención de lesiones, planificación y orientación del entrenamiento deportivo.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista Anterior de la Articulación de la Rodilla.....	23
Figura 2. Máquina de flexión/Curl de pierna universal.....	53
Figura 3. Máquina flexión/Curl de Nautilus.....	54
Figura 4. Máquina de extensión de pierna de Nautilus.	55
Figura 5. Test de cualidad del movimiento.....	58

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años se ha producido un incremento de la participación femenina en deportes con fines recreativos, competitivos y en el deporte organizado, en los cuales se ha evidenciado un aumento en lesiones de rodilla de las mujeres que participan en dichas actividades, principalmente, en lesión del ligamento cruzado anterior (LCA), como lo corroboran Myer, Ford, y Hewett¹ indicando una probabilidad de lesión de 4 a 6 veces mayor en las mujeres que en sus contrapartes varones.

La lesión de ligamento cruzado anterior tiene gran importancia dentro de las diferentes disciplinas como el Baloncesto, el Fútbol y el Voleibol, debido a las implicaciones quirúrgicas, tratamientos terapéuticos, ausencias de participaciones deportivas, pérdida de entrenamientos y abandonos del deporte que implica dicha lesión.

De igual manera, el impacto de esta lesión en el baloncesto y en otras disciplinas deportivas es bastante conocido por los deportistas y entrenadores debido a la complejidad y duración del tratamiento de lesión del ligamento cruzado anterior. Por lo anterior, se han producido diversas investigaciones tratando de dilucidar los mecanismos de lesión y factores de riesgo asociados que puedan explicar la aparición de lesión de ligamento cruzado anterior (LCA) en estos deportes.

Ahora bien, la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior se ha estimado de entre 80.000 a 250.000 lesiones únicamente en los estados Unidos en atletas jóvenes en edades comprendidas entre los 15 a 25 años. Aunque al momento de la revisión bibliográfica no se encontraron datos específicos para Colombia, se puede pensar que la incidencia de esta lesión está en línea con lo sugerido en población general americana, la cual corresponde a 1/3000², es decir, que de los 46.000.000 de habitantes colombianos, 15.333 podrían llegar a sufrir ruptura del ligamento cruzado anterior. Este gran número de lesiones y las consecuencias que conllevan sugieren la gravedad del problema dado que el tratamiento para cada una de estas lesiones puede llegar a costar 34.000.000

¹MYER, Gregory; FORD, Kevin y HEWETT, Timothy. Rationale and clinical techniques for anterior Cruciate ligament injury prevention among female athletes. United State. En: Journal of Athletic Training. Vol. 39, No. 4 (2004); p 352

²VARGAS MUÑOZ Edgar A. AVENDAÑO, Natasha. Reconstrucción artroscópica del Ligamento Cruzado Anterior. En: Repertorio de Medicina y Cirugía. Bogotá, Colombia. Vol. 9, No. 1 Agosto 2000; p 7

millones de pesos.³ Recientemente, se ha propuesto que el costo anual de las lesiones del ligamento cruzado anterior incluyendo cirugía y proceso de rehabilitación puede llegar a costar 1 billón de dólares solo en EEUU, es decir, 2 mil millones de pesos. Además, el impacto psicológico de tal lesión en población deportiva, foco del presente estudio, podría ser completamente devastador debido a la preocupación constante de los deportistas sobre su nivel físico, mental y emocional para afrontar la competencia una vez han terminado su proceso de rehabilitación.⁴

Aunque existe la posibilidad de realizar intervenciones conservadoras ante la ruptura del ligamento cruzado anterior, 50% de los sujetos diagnosticados con esta lesión muestran pobres resultados con el tratamiento conservador. Esto ha llevado al desarrollo progresivo de técnicas quirúrgicas cada vez más avanzadas y costosas que buscan restablecer la biomecánica normal de la rodilla, especialmente en población deportiva, cuyas especificaciones harán que tanto la experticia quirúrgica, la misma idoneidad del proceso de rehabilitación y la limitación de tiempo asociado a la vida deportiva hagan todavía más costoso el restablecimiento total de las posibilidades deportivas.

Empero, aunque la experticia quirúrgica, el proceso de rehabilitación y condiciones asociadas al restablecimiento del deportista sean las óptimas, actualmente se sabe que la vida deportiva, una vez ocurre una ruptura del ligamento cruzado anterior, tiene un límite en el tiempo, debido a la alta probabilidad de recidivas o de sufrir lesiones en otras estructuras vecinas a la ya alterada. Tan alto es el grado de deterioro de la rodilla después de intervenciones quirúrgicas para la reconstrucción del cruzado anterior que a dicha lesión se le reconoce como el principio del fin de la rodilla y por ende de las carreras deportivas.

No sólo es esto importante debido al fin de la carrera deportiva sino que las lesiones de ligamento cruzado anterior pueden llevar a una patología crónica de rodilla, dado que la inestabilidad de la rodilla conduce al inicio precoz de la osteoartritis, incluso en sujetos con ligamento cruzado anterior reconstruido dado que, de acuerdo a lo expuesto por Holley y Mandelbaum⁵ aunque se realicen los más serios esfuerzos de los cirujanos ortopédicos para preservar la integridad de la articulación de la rodilla durante la cirugía reconstructiva del ligamento cruzado anterior, los pacientes que han tenido esta cirugía siguen

³ARABIA MÁRQUEZ, William H. MÁRQUEZ, Jorge. ¿Por qué reconstruir el ligamento cruzado anterior con dos haces? Revisión de la literatura y anotaciones sobre la técnica quirúrgica. En: Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Bogotá, Colombia. Vol. 22, No. 4 (2008); p 222

⁴SILVERS, Holly Jacinda. MANDELBAUM, Bert R. Prevention of Anterior Cruciate Ligament injury in the female athlete. En: British Journal of Sports Medicine. United State. Vol. 44 (suppl I) (2007); p 52

⁵ Ibid., p 52

presentando cambios degenerativos del cartílago articular y el inevitable inicio precoz de la osteoartritis.

De igual manera, las alteraciones asociadas a la osteoartritis incluyen daños en los meniscos, en el cartílago articular del fémur, rótula y / o tibia, lo que progresivamente conducirá a una disminución de la fuerza de todos los grupos musculares que rodean a la rodilla creando debilidad muscular general reduciendo significativamente la capacidad de un sujeto para lograr actividades de la vida diaria afectando su calidad de vida.

Toda esta problemática ha puesto en evidencia la necesidad imperante de identificar y describir los factores asociados a la aparición de lesión del ligamento cruzado anterior, hecho que redundaría en beneficio inmenso por los altos costos y limitación en la vida deportiva descritos anteriormente. Al momento actual de la investigación científica se conoce que dicha lesión puede ocurrir por dos mecanismos distintos: contacto y no contacto.

Las lesiones por contacto involucran aquellos mecanismos por golpe directo, como el contacto físico provocado por el oponente, el de un implemento deportivo o de la misma superficie de juego que superen la capacidad tensil del ligamento. En dicho mecanismo, la deportista es golpeada en la parte posterior de la rodilla causando que la tibia se traslade anteriormente, o desde la parte lateral provocando un pico en la fuerza rotacional encima de la tibia.

Entre tanto, las lesiones por mecanismo de no contacto, suceden espontáneamente, es decir, no se necesita de un choque con un contrario ni de fuerzas externas de impacto para que la rodilla pierda su estabilidad, sino que se presenta en determinados momentos, durante acciones rápidas de gran demanda neuromuscular.

De acuerdo con Griffin⁶, este mecanismo de lesión está asociado a circunstancias presentadas en gestos deportivos como los desplazamientos, saltos, impactos bruscos y desaceleraciones que pueden provocar inestabilidad en la articulación de la rodilla. Estos gestos, debido al nivel de estrés articular que producen, pueden llegar a lesiones ligamentarias de las estructuras pasivas que dan sostén a la articulación, específicamente, el ligamento cruzado anterior quien es el estabilizador primario de la rodilla.

⁶ GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior Cruciate ligament injuries. En: American journal sports Medicine. United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1520

Además, se ha reportado que un 70% de las lesiones de rodilla por mecanismo de no contacto en mujeres, afecta el ligamento cruzado anterior y están asociadas a ciertos factores de riesgo que aumentan la probabilidad de lesión.

Entre los factores de riesgo que aumentan la aparición de lesión se encuentran los factores intrínsecos, es decir, aquellos relacionados con alteraciones endógenas del cuerpo de las mujeres y factores de riesgo extrínsecos asociados al ambiente externo que rodea la competencia o el ejercicio. Recientemente, el consenso de expertos del encuentro de Hunt Valley propuso la división de los factores de riesgo en diferentes categorías entre las cuales se encuentran, los factores ambientales, los anatómicos, los hormonales y neuromusculares.⁷

Los factores de riesgo *Ambientales*, hacen alusión a características meteorológicas, tipo de superficie del césped, piso duro, el tipo de calzado y de su interacción con la superficie de juego, además de equipos de protección, tales como rodilleras para una posible protección de la articulación.⁸

Los factores de riesgo *Anatómicos*, son aquellas alteraciones estructurales y de alineación del miembro inferior tales como la magnitud del ángulo del cuádriceps femoral (ángulo Q), el grado de desplazamiento medial estático o dinámico de la rodilla, denominado (valgus), la hiperpronación del pie, el índice de masa corporal (IMC), el ancho de la escotadura intercondílea y la geometría anatómica propia de la rodilla. Todos estos factores están asociados con un mayor riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior.⁹

De otra parte, los factores de riesgo *Hormonales* constituyen condiciones propias de propiedades la mujer que inciden en la aparición de lesión de rodilla dadas las de los estrógenos, los cuales desempeñan un papel importante en la regulación de la síntesis de colágeno de los ligamentos en tejidos humanos.¹⁰ Al parecer, durante el ciclo menstrual, existen fluctuaciones en los niveles de progesterona, estrógenos y relaxina, trayendo susceptibilidad para la lesión de rodilla, generando cambios cíclicos en la laxitud ligamentaria.¹¹

⁷GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior cruciate ligament injuries. En: American journal sports Medice. United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1513

⁸BODEN, Barry P. et al. Etiology and prevention of noncontact ACL injury. En: The Physician and Sports medicine. United State. Vol. 28, No. 4 (2000);p 53-60

⁹HEWETT, Timothy E. et al. Anterior cruciate ligament injuries in females athletes. Part 1, mechanisms and risk factors. En: American Journal of Sports. United State. Vol. 34, No. 2 (2006); p 299-311

¹⁰LIU, Stephen H. et al. Estrogen affects the celular metabolism of the anterior cruciate ligament. A potential explanation for female athletic injury. En: American Journal of Sports Medicine. United State. Vol. 25, No. 5(1997); 704-709

¹¹ GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior cruciate ligament injuries. En: American journal sports Medice. United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1518

Estos factores de riesgo mencionados anteriormente son difícilmente modificables. Sin embargo, existe otro grupo de factores de riesgo denominados **neuromusculares**, que son modificables por medio del entrenamiento neuromuscular, el cual puede llegar a mejorar el sistema de control motor (sistema sensoriomotor) que es requerido para estabilizar y proteger la articulación de la rodilla.¹²

Dicho esto, los factores de riesgo neuromusculares están constituidos por patrones alterados de movimiento, alteraciones del equilibrio muscular e inapropiadas respuesta de rigidez y estabilización articular por parte de la musculatura que rodea la articulación de la rodilla. Dentro de los factores de riesgo se encuentran: la dominancia ligamentaria, la contracción dominante del cuádriceps y la dominancia del miembro inferior.

La *Dominancia Ligamentaria* es una inestabilidad del ligamento dominante el cual pone de manifiesto el aumento del movimiento medial de la rodilla durante actividades deportivas en donde se presenta un notable valgo de rodilla. Entre tanto, la *Contracción Dominante del Cuádriceps* se refiere a un desequilibrio entre los músculos isquiotibiales y cuádriceps de rodilla en su fuerza, reclutamiento y coordinación. Por su parte, la *Dominancia del miembro inferior* un desequilibrio en la fuerza muscular y la coordinación de las extremidades opuestas. Es así, que todos estos factores de riesgo están relacionados con desequilibrios en el desarrollo neuromuscular asociados a la aparición de lesión de ligamento cruzado anterior.

Ahora bien, en Colombia no se encuentran en la actualidad estudios que sustenten de manera general la prevalencia e incidencia de este tipo de lesión en la población deportiva femenina, tampoco se tienen registros por mecanismos deficientes de seguimientos epidemiológicos, pero si se tienen reportes al interior de la universidad tecnológica de Pereira que indican que sólo en el deporte del baloncesto en el año 2009 se presentaron dos lesiones en mujeres integrantes del seleccionado de la misma universidad en solo un año.

Lo anterior, permite plantear la siguiente pregunta problema: ¿cuáles son los factores de riesgo neuromusculares para lesión de rodilla en el equipo femenino de baloncesto en la Universidad Tecnológica de Pereira?

Finalmente, la presente investigación tendrá como objetivo primordial la identificación de factores de riesgo neuromusculares asociados a la aparición de lesión de ligamento cruzado anterior en las jugadoras de baloncesto de la

¹²SILVERS, Holly Jacinda y MANDELBAUM, Bert R. Prevention of Anterior Cruciate Ligament injury in the female athlete. En: British Journal of Sports Medicine. United State. Vol. 44 (suppl I) (2007); p 55

Universidad Tecnológica de Pereira. Esto permitirá la prevención de estos factores con el fin de evadir la aparición de dichas lesiones en esta población.

2. JUSTIFICACIÓN

Existe una clara relación entre algunos parámetros neuromusculares y la aparición de lesión de ligamento cruzado anterior (LCA), proponiéndose la implementación de protocolos de prevención una vez identificados los principales factores asociados a la aparición de dicha lesión.

Las intervenciones han demostrado que tras identificar, evaluar, e implementar estrategias preventivas para los factores de riesgo neuromusculares se disminuyen las tasas de lesión. Esto, lo corroboran los autores Henning¹³, Hewett y sus colaboradores¹⁴ los cuales pusieron en marcha estudios de prevención en diferentes deportes como el baloncesto, el balonmano, el esquí y el fútbol durante semanas y hasta años, orientados a los cambios en la técnica de los jugadores, a los entrenamientos de saltos en la mecánica del aterrizaje y en la fuerza de los miembros inferiores, utilizando aceleraciones, desaceleraciones y cambios de dirección. Estos programas fueron diseñados para disminuir las fuerzas de aterrizaje a través del aprendizaje de un mejor control neuromuscular durante el aterrizaje y un incremento en la altura en el salto vertical. Dando lugar a una reducción del 22% en la incidencia de lesión en la rodilla.

Además, es importante dilucidar que una mejora en la técnica, la habilidad, la coordinación, la fuerza muscular, los patrones de reclutamiento muscular y la rapidez de reacción refleja muscular pueden restaurar la función de la rodilla mejorando el control neuromuscular previniendo en los atletas una ruptura del ligamento cruzado anterior. Por esta razón, todo programa de entrenamiento preventivo debe hacer especial énfasis en la potenciación del sistema sensoriomotor, en la disminución de impacto y los momentos de fuerza valgo o varo en la articulación de la rodilla.

Por todo lo anterior, recientemente, el encuentro de expertos de Hunt Valley¹⁵ propuso la existencia de unos factores de riesgo, que al ser evaluados, pueden llevar a identificar de manera efectiva a aquellos atletas susceptibles de lesión del ligamento cruzado anterior.

Es por esto importante, que se generen estrategias de evaluación y prevención que propendan por identificar e intervenir estos comportamientos

¹³HENNING, Cegn. Injury prevention of the anterior cruciate ligament [videotape]. En: Mid-America Center for Sports Medicine, Wichita, Kansas, USA.(1990).

¹⁴HEWETT, Timothy E. et al. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. En: American Journal Sports Medicine. United State. Vol, 24.No. 6. (1996); p. 765-773

¹⁵GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior cruciate ligament injuries. En: American journal sports Medicine. United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1513-1519

neuromusculares alterados para evitar la aparición de lesiones de rodilla. Aunque muchas de estas evaluaciones sólo se pueden desarrollar en laboratorios del movimiento humano altamente especializados, se han propuesto una serie de test de campo de gran validez y aplicación a la población deportiva. Entre ellos encontramos: El test de calidad de movimiento de miembros inferiores, y los test de fuerza dinámica máxima.

El test de calidad de movimiento es utilizado para evaluar e identificar las características neuromusculares correspondientes a la dominancia ligamentaria, y fue desarrollado sobre la base del movimiento normal del miembro inferior mientras realiza un descenso y ascenso en un step.

La evidencia sobre este test ha demostrado ser fiable y capaz de reconocer los patrones de movimiento alterados y los patrones de activación muscular comúnmente observados en la población femenina.¹⁶

Entre tanto, la fuerza máxima dinámica evaluada a través de la 1RM y definida como el mayor peso que se puede levantar para un número dado de repeticiones, el cual utiliza la fuerza unilateralmente y bilateralmente en los miembros inferiores, es fundamental como herramienta valiosa en la prescripción del ejercicio. También, se utiliza con frecuencia para el diagnóstico de las deficiencias musculares en las extremidades inferiores. Al evaluar la fuerza máxima dinámica unipodal se puede obtener información de la relación de fuerza isquiotibiales - cuádriceps y la relación de fuerza entre miembro inferior dominante y no dominante. Estas relaciones, al estar alteradas, han sido comúnmente descritas como factores de riesgo asociados a lesión de ligamento cruzado anterior.

Lo anterior, se sustenta con lo propuesto por los autores Myer, Ford y Hewett¹⁷, quienes sugieren la medición de la tasa de fuerza entre los isquiotibiales y los cuádriceps como un método de detección de imbalances de fuerza entre estos dos grupos musculares. Para ellos, una proporción de la fuerza entre isquiotibiales y cuádriceps correspondiente al 55%, en máquinas isocinéticas podría indicar una dominancia del cuádriceps. Además, proponen que si no se dispone de máquinas isocinéticas para su medición, también es válido realizar estas mediciones en máquinas isotónicas puesto que se obtiene un dato de campo válido para una futura intervención. Sumado a esto, se debe considerar que son fácilmente disponibles y de bajo costo. Además, son las máquinas más disponibles para el entrenamiento y corrección de estos desequilibrios.

¹⁶PIVA Sara R. et al. Reliability of Measures of Impairments Associated with Patellofemoral Pain Syndrome. En: Biomed Central. United State. Vol. 7, No. 33 (2006); p 10.

¹⁷MYER, Gregory; FORD, Kevin y HEWETT, Timothy. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. United State. En: Journal of Athletic Training. Vol. 39, No. 4 (2004); p 352 - 354

Ahora bien, la identificación de estos factores de riesgo es de suprema importancia en el tratamiento preventivo de aparición de las mismas, permitiendo mejorar diferentes aspectos que rodean a los deportistas y entre los cuales se cuentan:

La necesidad de evitar los altos costos de dinero que puede generar la lesión de LCA en su procedimiento quirúrgico o en su rehabilitación, permite evadir estos aumentos en dos contextos. En el primer contexto, la Universidad presta un servicio de salud a los deportistas que puedan sufrir algún accidente que atente su salud, por tanto, la identificación de estos factores de riesgo permitirá que la Universidad disminuya los costos de dinero en atenciones médicas y urgencias, en el momento que el atleta sufra este tipo de lesión. El segundo contexto, son los sistemas de salud que cobijen a los deportistas, evitando incapacidades medicas futuras, costos y de rehabilitación que finalmente pueden verse representadas en cuidados y cirugías asociados a osteoartritis de rodilla, dada la alta evidencia que sustenta su aparición después de quince años de realizar cirugías de reconstrucción ligamentaria.

Además, se buscará que estas atletas no deserten de su deporte, entrenamientos y competencias. Permitiendo que entrenen y participen de sus torneos durante un tiempo más largo con el objetivo de representar a la universidad en óptimas condiciones. Todo esto, permite que el atleta aumente su rendimiento deportivo, mejorando las aptitudes físicas y ampliando su vida deportiva. Asimismo, las jugadoras de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira fortalecerán el aspecto psicológico disminuyendo la preocupación que tienen estas deportistas sobre su nivel físico y mental.

Paralelamente, con la identificación de los factores de riesgo neuromusculares se buscará que el entrenador permita tener más seguridad cuando este imponga cargas deportivas de alta exigencia a las jugadoras, evitando la preocupación de una posible lesión en el entrenamiento o competencia, dándole confianza al entrenador con la aplicación de las cargas y a su deportista en la participación deportiva.

Entre tanto, es importante evitar la aparición de la osteoartritis, siendo este un aspecto fundamental, ya que se ha demostrado la aparición de esta patología una vez el deportista se somete a una reconstrucción de LCA, lo que hace la necesidad de contrarrestarla con estimulaciones neuromusculares permitiendo generar actividades compensatorias musculares disminuyendo la aparición de la misma y de otras complicaciones músculo esqueléticas.¹⁸

¹⁸HORTOBAGYI, Tibor. Et al. Altered hamstring-quadriceps muscle balance in patients with knee osteoarthritis. En: Clinical Biomechanics. Vol. 20, 2005; p. 98

Teniendo esto presente, se justifica la implementación de un estudio descriptivo para identificar los factores de riesgo neuromusculares en lesión del ligamento cruzado anterior en las mujeres basquetbolistas de la Universidad Tecnológica de Pereira, permitiendo que compitan por la universidad en óptimas condiciones ayudando al posicionamiento y buen nombre de la misma fomentando el desarrollo institucional y motivacional del estudiante.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL:

Identificar los factores de riesgo neuromusculares para lesión de ligamento cruzado anterior en las deportistas del equipo de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira.

3.2 ESPECÍFICOS:

- Evaluar la fuerza máxima isotónica de los músculos cuádriceps del miembro inferior dominante y no dominante en las féminas del equipo de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira.
- Evaluar la fuerza máxima isotónica de los músculos isquiotibiales del miembro inferior dominante y no dominante en las mujeres del equipo de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira.
- Evaluar la calidad del movimiento del miembro inferior dominante y no dominante en las mujeres que conforman el equipo de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira.
- Comparar el cociente de fuerza isotónica de los músculos isquiotibiales versus el músculo cuádriceps del miembro inferior dominante con el no dominante en las féminas del equipo de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira.
- Comparar el cociente de la calidad del movimiento del miembro dominante con el no dominante en las mujeres que conforman el equipo de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira.
- Determinar la predominancia y principales factores de riesgo neuromusculares para lesión de ligamento cruzado anterior que se presentan en la población femenina del equipo de baloncesto de la U.T.P.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO CONTEXTUAL:

Reseña Histórica: Universidad Tecnológica de Pereira

Por medio de la Ley 41 de 1958, se crea la Universidad Tecnológica de Pereira como máxima expresión cultural y patrimonio de la región y como una entidad de carácter oficial seccional.

Posteriormente, se decreta como un establecimiento de carácter académico del orden nacional, con personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio independiente, adscrito al Ministerio de Educación Nacional.

La Universidad inicia labores el 4 de marzo de 1961 bajo la dirección de su fundador y primer Rector Doctor Jorge Roa Martínez. Gracias al impulso inicial y al esfuerzo de todos sus estamentos, la Institución empieza a desarrollar programas académicos que la hacen merecedora de un gran prestigio a nivel regional y nacional.

Con la Facultad de Ingeniería Eléctrica comienza la actividad académica en la Universidad y al año siguiente se crean las Facultades de Ingeniería Mecánica e Industrial. En 1965 se funda el Instituto Pedagógico Musical de Bellas Artes como dependencia de extensión cultural. Además, mediante la Ley 61 de 1963 se crea el Instituto Politécnico Universitario, cuyas labores empiezan en 1966 con las Escuelas Auxiliares de Ingeniería: Eléctrica, Mecánica e Industrial. Después, se crea la Facultad de Tecnologías, con los programas de Tecnología Eléctrica, Mecánica e Industrial. Posteriormente, en 1968 inician las Escuelas de Dibujo Técnico y Laboratorio Químico. (Esta última convertida hoy en Escuela de Tecnología Química).

En 1989 se crea el programa de Ciencias del Deporte y la Recreación adscrito a la Facultad de Medicina, con el objetivo de formar profesionales en el Deporte y la Recreación capaces de adecuar actividades deportivas y recreativas a las distintas etapas del desarrollo humano, liderando programas y proyectos de atención personal y grupal.

MISIÓN:

La Universidad Tecnológica de Pereira es una institución de educación superior de carácter estatal, vinculada a la sociedad del conocimiento en los campos de la ciencia, la tecnología, las artes y las humanidades.

- Es una Comunidad Universitaria

Que interactúa buscando el bien común, en un ambiente de participación y diálogo, caracterizado por el pluralismo, la tolerancia y el respeto a la diferencia.

- Como Institución del Saber

De reconocida calidad académica, es un polo de desarrollo que propende por la creación, transformación, transmisión y aplicación del conocimiento en todas sus formas y expresiones, a través de la docencia, la investigación y la extensión.

- Como Institución Educativa

Guiados por los principios, rectores de la universidad, asume la formación integral y permanente de sus estudiantes en sus dimensiones científica, tecnológica y humanística, haciendo de ellos profesionales de elevado nivel académico, líderes de la dinámica social, con ética, sentido crítico y capacidad investigativa.

- Como Universidad

Desarrolla procesos investigativos en todos los campos del saber para contribuir al mejoramiento de la sociedad, teniendo como prioridad el desarrollo regional.

VISIÓN:

Institución de educación superior de alta calidad académica que por su competitividad integral en la docencia, investigación y extensión de gran impacto social, está inmersa en la comunidad científica internacional.

PROPOSITOS:

- Trascender el modelo de universidad profesionalizante por el de universidad del saber donde la docencia, la investigación y la extensión propendan por el desarrollo integral del hombre y de la sociedad.

- Trabajar por el mejoramiento permanente de la calidad académica. Fomentando el Bienestar Universitario y propiciar el Desarrollo Humano de todos los integrantes.
- Participar y promover diferentes procesos de desarrollo social para contribuir al mejoramiento de la sociedad.
- Fomentar la participación de la comunidad universitaria. Incrementar la presencia de la universidad en el contexto regional, nacional e internacional.
- Recuperar, fortalecer y conservar los valores culturales que propenden por el desarrollo de la sociedad.
- Fomentar la cultura de la tradición escrita. Fomentar la interdisciplinariedad.

BIENESTAR UNIVERSITARIO:

DEPORTE Y RECREACIÓN:

Objetivos:

Fomentar la participación sana en la práctica deportiva y recreativa, el aprovechamiento del tiempo libre y crear una cultura ecológica ambiental.

Programas:

Deporte Formativo:

Objetivo:

Mediante la academia, crear espacios de reflexión sobre la importancia de las actividades deportivas y recreativas del ser humano, la formación en valores de cultura ciudadana, trabajo en equipo y el conocimiento de los símbolos institucionales promoviendo el conociendo de su significado, la valoración y pertenencia por la institución.

Deporte Competitivo:

Objetivo:

Realizar procesos formativos en los estudiantes universitarios a través de las continuas prácticas de entrenamiento, convirtiendo al deporte de competencia en un medio que contribuya a la formación integral del ser humano.

Ahora bien, es importante resaltar que el programa Ciencias del Deporte y la Recreación tienen una connotación fundamental en el ámbito deportivo dentro de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). Ésta connotación, se ve reflejada desde el inicio de la carrera teniendo la oportunidad de indagar e investigar en el ambiente deportivo dentro de ésta universidad, con la intención de beneficiar a la academia en diferentes aspectos a nivel deportivo. Es por esto, que se tiene la intención preponderante de intervenir al seleccionado de baloncesto femenino de la misma universidad, con la identificación de los factores de riesgo neuromusculares para lesión de ligamento cruzado anterior en las féminas del equipo de baloncesto de la UTP.

La idea de intervenir a ésta población en éste contexto, se debe a que en los últimos años se ha presentado un aumento en la participación femenina en deportes como el baloncesto. Por consiguiente, este aumento provoca aun más las probabilidades de sufrir alguna lesión en especial en rodilla. Por tanto, se hace necesario ejecutar este tipo investigación con profesionales idóneos teniendo la oportunidad de identificar, describir y crear un plan de ejercicios preventivos, con la intención de disminuir el riesgo que puedan atentar la salud física de éstas deportistas.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Estructura Anatómica de la Rodilla:

La rodilla es la articulación más grande del esqueleto humano, en ella se unen tres huesos: el extremo inferior del fémur, el extremo superior de la tibia y la patela.¹⁹ Igualmente, la patela se articula a su vez con el fémur. Los extremos de los huesos están recubiertos de cartílago que evitan su roce y los ligamentos permiten mantener los huesos y la articulación en su sitio.

Por otro lado, conviene destacar que la articulación de la rodilla está compuesta, desde el punto de vista morfológico, por dos articulaciones: la femoro-patelar que es troclear y la femoro-tibial que es condílea junto con los meniscos interpuestos. La primera articulación, protege por delante el conjunto articular permitiendo que las tracciones de este sobre la tibia, presente un ángulo de inclinación y no en sentido paralelo, pues así aumenta su poder de tracción.²⁰

Con respecto a la articulación femoro-tibial puede decirse que el menisco articular se divide en 2 partes: la proximal o superior, que corresponde a la articulación femoro-meniscal, responsable de los movimientos de flexión y extensión de la pierna; y la distal o inferior, que corresponde a la articulación menisco tibial y permite los movimientos de rotación de la pierna.

En la articulación femoro-tibial, los extremos de los huesos presentan un rozamiento, y están protegidos por una especie de almohadilla llamada membrana sinovial que evita su fricción y su desgaste. Esta almohadilla o protector, está ubicada entre los extremos de dos huesos opuestos cuya superficie está compuesta de cartílago, sustancia compacta y flexible que amortigua la carga articular, además de la sinovia que constituye una membrana fina y resbaladiza, teniendo la función de secretar un líquido viscoso denominado líquido sinovial, que lubrica la articulación y nutre al cartílago. Esta cápsula articular es esencial para la salud de los huesos, pues en caso de no existir, se presentaría un desgaste y una mala lubricación hacia las estructuras que tiene contacto. Asimismo, hace más cómoda la articulación y ayuda en la ejecución sencilla de los movimientos.

La rodilla se clasifica como una articulación biaxial y condílea, en la cual una estructura cóncava se desliza sobre otra convexa alrededor de los ejes del fémur

¹⁹GARCÍA, Góngora LH, ROSALES García CM, González Fuentes I, Pujals Victoria N. Articulación de la rodilla y su mecánica articular. [artículo en línea]. MEDISAN 2003; 7(2). P. 100 <http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_2_03/san13203.htm> (Febrero de 2009).

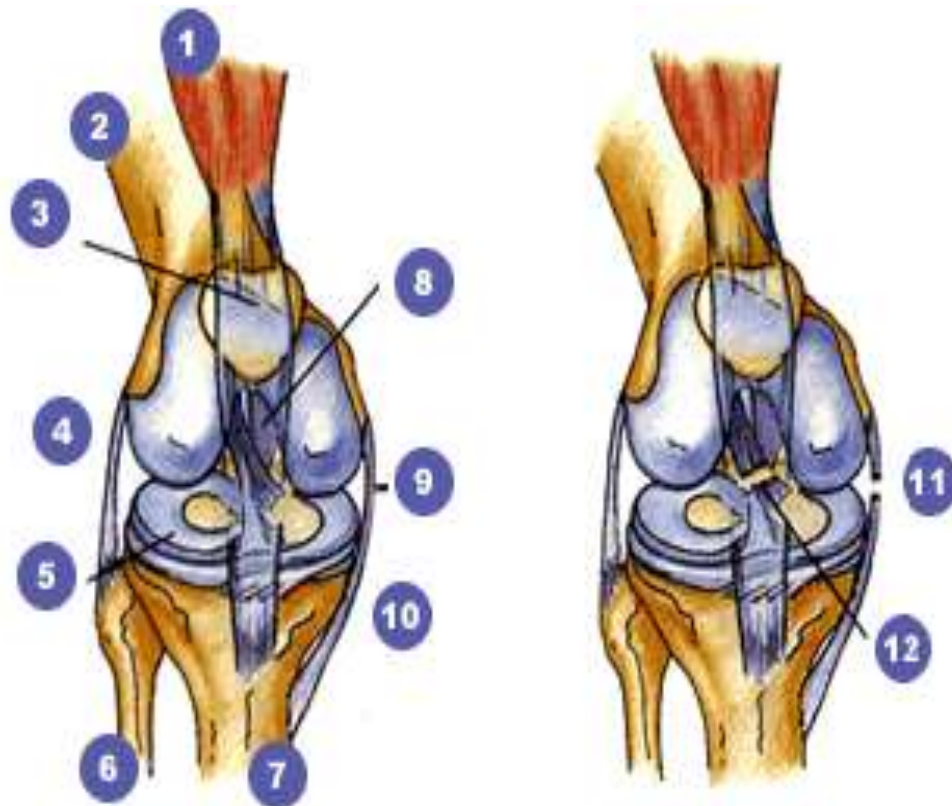
²⁰Ibid., p. 101

y la tibia. De igual forma, ésta, presenta superficies articulares como los cóndilos del fémur, la superficie patelar del fémur, las carillas articulares de la patela, los meniscos y platillos tibiales. Estas estructuras están rodeadas por la cápsula articular, la cual es grande y laxa.²¹

4.2.2 Ligamentos de la rodilla:

La rodilla posee un fuerte aparato ligamentoso, cuyos ligamentos son: colateral tibial o interno, fibular o externo, transverso de la rodilla, menisco femoral anterior y posterior, así como ligamentos cruzados anteriores y posteriores, los cuales pueden ser observados esquemáticamente en la figura 1.

Figura 1. Vista Anterior de la Articulación de la Rodilla.(1.-Cuádriceps (*recto femoral*), 2.-Fémur, 3.-Rótula, 4.-Lig. Colateral peroneo, 5.-Menisco lateral, 6.-Peroné, 7.-Tibia, 8.-Lig. Cruzado posterior, 9.-Lig. Colateral tibial 10.-Lig. Cruzado anterior, 11.-Lig. Interno Izquierdo roto, 12.-Lig. Cruzado anterior).



Tomado de García Góngora LH, et al.²²

²¹TREJOS Parra, Jhon J., TRUJILLO Henao, Samuel E. Anatomía para Profesionales Afines a la Salud.3 ed. Armenia (Colombia): Kinesis, 1998. p. 104

²²GARCÍA, Góngora LH, ROSALES García CM, González Fuentes I, Pujals Victoria N. Articulación de la rodilla y su mecánica articular. [artículo en línea]. MEDISAN 2003; 7(2). P. 100 <http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_2_03/san13203.htm> (Febrero de 2009).

Estos ligamentos unen y guían los segmentos esqueléticos de la rodilla durante los movimientos articulares y proveen restricción primaria para evitar la traslación de la rodilla durante la aplicación de fuerzas externas a la articulación. Asimismo, los movimientos de las fibras de cada ligamento varían en dependencia del ángulo de la articulación y el plano en el cual la rodilla es cargada. Se debe mencionar que los principales estabilizadores de la articulación de la rodilla son los ligamentos cruzados anteriores y posteriores y los colaterales interno (tibial) y externo (peroneo).

El ligamento cruzado anterior (LCA) tiene la función de evitar el desplazamiento hacia delante de la tibia respecto al fémur; mientras que el cruzado posterior (LCP) evita el desplazamiento hacia atrás de la tibia en relación con el fémur, que a 90° de flexión se verticaliza y se tensa, por ello es el responsable del deslizamiento hacia atrás de los cóndilos femorales sobre los platillos tibiales en el momento de la flexión, proporcionando estabilidad en los movimientos de extensión y flexión.²³

Tanto el ligamento cruzado anterior como el ligamento cruzado posterior, son estructuras intracapsulares y sinoviales, protegidos por una envoltura sinovial. También, es importante resaltar que el borde anterior del ligamento cruzado anterior sirve como eje rotatorio del ligamento durante el movimiento de la rodilla.²⁴

Además, los ligamentos laterales brindan una estabilidad adicional a la rodilla; así, el colateral externo o peroneo (LLE), impide que ésta se desvíe hacia afuera, mientras que el colateral interno o tibial (LLI) situado en el interior de la articulación, impide la desviación hacia adentro y su estabilidad depende prácticamente de los ligamentos y los músculos asociados.²⁵

4.2.3 Mecánica articular:

El funcionamiento de la rodilla resulta muy complejo, pues por un lado ha de poseer una gran estabilidad en extensión completa para soportar el peso

²³DYE, Scott F, VAUPEL, Geoffrey L. Functional anatomy of the knee: Bony geometry, static and dynamic restraints, sensory and motor innervation. En: LEPHART, Scott M y FU, Freddie H. Proprioception and neuromuscular control in joint stability. Human Kinetics.2000 p. 63-64

²⁴Ibid., p. 63-64

²⁵GARCÍA, Góngora LH, ROSALES García CM, González Fuentes I, Pujals Victoria N. Articulación de la rodilla y su mecánica articular. [artículo en línea]. MEDISAN 2003; 7(2). P. 103<http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_2_03/san13203.htm> (Febrero de 2009).

corporal sobre un área relativamente pequeña; pero al mismo tiempo debe estar dotada de la movilidad necesaria para la marcha y la carrera, para orientar eficazmente al pie en relación con las irregularidades del terreno.²⁶

La articulación de la rodilla puede permanecer estable cuando es sometida rápidamente a cambios de dirección durante la actividad, la cual se conoce como estabilidad dinámica de la rodilla. Esto corresponde al resultado de la integración de la geometría articular, a las restricciones de los tejidos blandos y cargas aplicadas a la articulación a través de la acción muscular y el punto de apoyo que sostiene el peso.²⁷(Parra& Trujillo, 1998)

También, la arquitectura ósea de la rodilla suministra una pequeña estabilidad a la articulación, debido a la incongruencia de los cóndilos tibiales y femorales; sin embargo, la forma, orientación y propiedades funcionales de los meniscos mejora la estabilidad de la articulación, que es mínima considerando los grandes pesos transmitidos a través de la articulación. Asimismo, los tejidos, los ligamentos y los músculos de la rodilla contribuyen significativamente a su estabilidad.²⁸

Una vez descritas y explicadas todas las estructuras comprometidas en la lesión de ligamento cruzado anterior en mujeres atletas, se procederá a describir los factores de riesgo de lesión en rodilla, que predisponen en gran medida a lesiones del ligamento cruzado anterior:

4.2.4 Factores de Riesgo Asociados a Lesión de Rodilla:

Varios factores de riesgo se han propuesto y asociado con la aparición de lesión de rodilla, específicamente con la lesión del ligamento cruzado anterior. Antes de enunciarlos, se debe aclarar que la lesión del ligamento cruzado anterior puede ocurrir por dos mecanismos distintos: contacto o no contacto. El primero hace alusión a la lesión producto de un choque directo contra contrincante u oponente de juego y el segundo se refiere a la falla súbita y repentina del ligamento ante situaciones de estrés mecánico, no asociados a oponente o choque, el cual involucra un mecanismo de no contacto en su aparición.²⁹Al

²⁶Ibid., p. 102

²⁷TREJOS Parra, Jhon J., TRUJILLO Henao, Samuel E. Anatomía para Profesionales Afines a la Salud.3 ed. Armenia (Colombia): Kinesis, 1998. p. 104

²⁸GARCÍA, Góngora LH, ROSALES García CM, González Fuentes I, Pujals Victoria N. Articulación de la rodilla y su mecánica articular. [artículo en línea]. MEDISAN 2003; 7(2). P. 102<http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_2_03/san13203.htm> (Febrero de 2009).

²⁹GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior Cruciate ligament injuries. En: American journal sports Medice. United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1520

primer mecanismo se le atribuye una prevalencia de lesión del 30%³⁰, al segundo corresponde un asombroso 70% por ciento de lesión de rodilla en la mujer.³¹Es así, que múltiples explicaciones se han aportado desde la literatura especializada para tratar de entender la alta incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior ante situaciones de no contacto, sugiriéndose la presencia de varios factores de riesgo asociados a la lesión, los cuales han recibido dos esquemas de clasificación; para su estudio, se han sugerido dos esquemas de clasificación diferentes, uno que presupone la existencia de alteraciones endógenas en el cuerpo de las mujeres y otro asociado al ambiente externo (exógenas) que rodea la competencia o el ejercicio, denominados en su orden, intrínsecos y extrínsecos. Existe otra más reciente clasificación que divide los factores de riesgo en cuatro categorías: Ambientales, Anatómicos, Hormonales y Neuromusculares; esta clasificación, correspondiente al consenso del encuentro de expertos en Hunt Valley³², será la utilizada para la construcción teórica en la presente investigación debido a su aceptación internacional y el énfasis específico a las condiciones neuromusculares, eje fundamental de la investigación. A continuación se detallarán estos factores, acogidos a la segunda clasificación, en especial, aquellas alteraciones neuromusculares asociadas a este tipo de lesión tan recurrente en féminas adolescentes.

4.2.4.1 Factores de riesgo Ambientales:

los factores de riesgo ambientales, se refieren a aquellas condiciones relacionadas al tipo de superficie de juego, la clase de calzado y las mismas condiciones meteorológicas que pueden llegar a modificar el funcionamiento intrínseco de la maquinaria neuromuscular provocando situaciones de riesgo funcional en la rodilla. Las Condiciones ambientales, pueden ser también factores protectores, dado que la utilización de implementos adicionales ortésicos, pueden mejorar en algún grado la estabilidad de la rodilla.³³

De los factores de riesgo ambientales, la interacción entre la suela del calzado y la propia superficie de juego son determinantes en su asociación con la aparición de lesiones de ligamento cruzado anterior. El aumento de la superficie de tracción de los zapatos y la forma de la suela, condicionan todos

³⁰BODEN BP, DEAN GS, FEAGIN JA, GARRETT WE Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *En: Orthopedics*. Vol. 23,(2000) p. 573-578.

³¹IRELAND, Mary Lloyd. "Proprioception and neuromuscular control related to the female athlete". *EN: LEPHART, Scott M y FU, Freddie H (Ed). Proprioception and neuromuscular control in joint stability. Human Kinetics, Champaign Illinois. 2000, p. 295*

³²GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior cruciate ligament injuries. *En: American journal sports Medicine. United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1513-1519*

³³*Ibid.*, p. 1513

los movimientos que el deportista realiza, entre ellos, giros, pivotes, cambios bruscos de dirección, aceleraciones y desaceleraciones, que de no favorecer una interacción fluida con la superficie de juego, pueden llegar a aumentar la susceptibilidad del atleta para sufrir lesiones de rodilla.

La interacción entre estas dos superficies, superficie de calzado y superficie de juego, pueden modificar el componente de fricción necesario para generar salidas rápidas, piques, paradas y cortes de dirección propios de deportes como el fútbol y el baloncesto. La alteración del componente de fricción ha demostrado ser un predictor importante del aumento en la incidencia de lesión de rodilla.³⁴

Por estas razones, los factores ambientales no deben ser vistos como simples elementos externos sin relación alguna con el funcionamiento intrínseco de los elementos óseos y neuromusculares sino como aquellos que median la respuesta de las estructuras biológicas. Por tanto, su análisis es imprescindible en cualquier sistema de intervención que pretenda disminuir los índices de lesión en la población deportiva.

4.2.4.2 Factores de riesgo Anatómicos:

Los factores de riesgo anatómicos, hacen referencia a aquellas características morfológicas y estructurales del miembro inferior que interactúan con la función dinámica de la rodilla, pudiendo llegar a provocar situaciones de riesgo para la función estabilizadora del ligamento cruzado anterior. Entre estos factores se encuentran: la magnitud del ángulo del cuádriceps femoral (ángulo de Q), el grado de desplazamiento medial estático o dinámico de la rodilla, denominado (valgus), la hiperpronación del pie, el índice de masa corporal (IMC), y la amplitud de la escotadura intercondílea. De acuerdo con Griffin y Colaboradores³⁵, todas estas alteraciones se asocian con un mayor riesgo de lesión del ligamento cruzado anterior.³⁶A continuación se ampliará cada uno de estos factores:

Inicialmente, el *ángulo Q* o *ángulo del cuádriceps* representa el vector de tracción de éste músculo con respecto a la tibia a través de la inserción del tendón patelar, el cual, al estar más pronunciado en las mujeres puede provocar una alteración en la cinemática tibiofemoral y patelofemoral, suscitando una mayor

³⁴MURPHY, D.F.; CONNOLLY, D.A.J Y BEEYNNON. Risk factors for lower extremity injury. En: British journal of sports medicine. England. Vol. 37 (2003); p. 15

³⁵GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior Cruciate ligament injuries. En: American journal sports Medicine. United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1515 - 1517

³⁶Ibid., p. 1516

probabilidad de lesión tanto del ligamento cruzado anterior como del mecanismo extensor.³⁷

El *valgus de rodilla*, es la angulación hacia fuera de la parte inferior de las piernas, de tal manera que cuando las rodillas están juntas los tobillos están separados, provocando que las rodillas formen un arco de concavidad externa. Éste mal alineamiento de los miembros inferiores altera la mecánica de la rodilla induciendo estrés excesivo en el ligamento cruzado anterior durante saltos o cambios bruscos de movimiento, induciendo a lesión por mecanismo de no contacto.³⁸

La *hiperpronación del pie*, constituye una deformidad estructural de movimiento excesivo del hueso del tobillo (astrágalo o talo) sobre el hueso del talón (calcáneo). Esta deformidad ha sido relacionada como un factor de riesgo anatómico para ésta lesión.³⁹ Ahora bien, el exceso de pronación del pie contribuye a una mayor incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior, debido al aumento de la rotación tibial externa con relación al fémur alterando la mecánica normal del funcionamiento de la articulación de la rodilla.⁴⁰

El *Índice de Masa Corporal (IMC)* se ha referido como un factor de riesgo anatómico para lesión de ligamento cruzado anterior⁴¹. El IMC, representa una medida de tamaño corporal que se obtiene dividiendo el peso del sujeto sobre la talla al cuadrado. El incremento por encima de lo normal en el IMC, se ha asociado con el aumento en la aparición de lesiones de rodilla.⁴²

Las *diferencias geométricas*, hacen referencia al tamaño y forma de los ligamentos o la configuración geométrica de los ligamentos, el cual influye directamente en su función, dado que un mayor contenido de colágeno y un mayor tamaño, proveen una mayor capacidad tensil que, finalmente, hará menos probable la aparición de lesiones ligamentarias en la rodilla. Ahora bien, teniendo en cuenta que la amplitud de la escotadura intercondílea en la mujeres es menor que aquella de los hombres, se ha sugerido que pueden albergar un ligamento cruzado mucho más pequeño y menos funcional que el de los varones, hecho que se ha demostrado en el desarrollo de varias investigaciones que han

³⁷MIZUNO, Y et al. Q Angle influences tibiofemoral and patellofemoral kinematics. *En: Journal of Orthopaedic Research*. United State. Vol. 19 (2001); p 834-840

³⁸HEWETT, Timothy E et al. (2005) "Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study". *American Journal of Sports Medicine*, Vol. 33, p. 492-501

³⁹BONCI, Christine M. "Assessment and evaluation of predisposing factors to anterior cruciate ligament injury". *En: Journal of Athletic Training*. Vol.34, No. 2, (1999), p 155-164

⁴⁰ Ibid., p. 154

⁴¹GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior cruciate ligament injuries. *En: American journal sports Medicine*. United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1516

⁴² UHORCHAK, JM. et al. Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament. *American Journal of Sports Medicine*. United State. Vol. 31, (2003); p 831-842

mostrado una asociación directa entre la lesión del ligamento cruzado anterior y la estrechez de la escotadura intercondílea en mujeres.⁴³

Los factores de riesgo anatómicos cobran relevancia cuando son puestos en escena durante el movimiento. Las alteraciones anatómicas potencian la presentación de patrones anormales de movimiento que se convierten en los principales causantes de la falla ligamentaria. Por esta razón, aunque son importantes en la descripción general del riesgo lesión, su relevancia se intensifica al producirse el movimiento.⁴⁴

4.2.4.3 Factores de riesgo Hormonales:

Los factores de riesgo hormonales se refieren a aquellas fluctuaciones de los niveles hormonales propias de las mujeres y relacionados a su ciclo menstrual que han probado una alta relación con la aparición de lesiones ligamentarias. Se ha podido constatar que los niveles de estrógenos y progesterona parecen ejercer una influencia importante con la aparición de lesiones ligamentarias. Varios estudios han evidenciado la presencia de receptores estrogénicos en los ligamentos, lo que ha llevado a pensar que las hormonas sexuales tienen influencia en las propiedades tensiles de los ligamentos. Otros estudios clínicos han demostrado incluso un aumento en la laxitud ligamentaria en determinados períodos del ciclo menstrual y recientemente se ha sugerido que existe evidentemente una asociación entre las fluctuaciones hormonales durante el ciclo menstrual y la incidencia de lesiones ligamentarias de rodilla en mujeres. Sin embargo, actualmente no existe un consenso sobre los detalles específicos de esta relación y continúa en estudio.⁴⁵

4.2.4.4 Factores de riesgo Neuromusculares:

Los factores de riesgo neuromusculares hacen alusión a patrones de movimiento alterados como respuesta a inadecuadas acciones musculares que producen inestabilidad articular con su posible concomitante lesión ligamentaria.

⁴³GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior cruciate ligament injuries. En: American journal sports Medicine. United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1516

⁴⁴SILVERS, Holly Jacinda y MANDELBAUM, Bert R. Prevention of Anterior Cruciate Ligament injury in the female athlete. En: British Journal of Sports Medicine. United State. Vol. 44 (suppl I) (2007); p 53

⁴⁵GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior Cruciate ligament injuries. En: American journal sports Medicine. United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1517-1518

Los patrones de movimiento alterados también están asociados a características anatómicas disfuncionales fácilmente observables en reposo y que ante el movimiento, proveen un aumento de la carga articular específica facilitando la aparición de lesión, específicamente en el ligamento cruzado anterior. Especialmente, se han observado durante acciones deportivas que incluyen saltos, cambios de movimiento repentinos y acciones contra gravedad que necesitan la estabilización inmediata articular.⁴⁶

Se ha reportado la existencia de gran número de factores de riesgo neuromusculares entre los que están: menor capacidad para producir fuerza, inadecuado stiffness muscular (rigidez muscular, indicando la capacidad del músculo para oponerse al estiramiento), tiempos de activación muscular lentos, orden de reclutamiento muscular alterado, preactivación del cuádriceps, decrecimiento propioceptivo, fatiga muscular, la dominancia ligamentaria, la dominancia de los cuádriceps y la dominancia del miembro inferior.^{47,48}

Los últimos tres factores de riesgo mencionados, serán objeto de estudio en esta investigación, dada su relevancia debido a la factibilidad de mejoría con el entrenamiento y facilidad de intervención para su modificación, lo que permite ser manejados sin complicaciones, permitiendo mejorar el control neuromuscular articular, llegando a optimizar la capacidad de reacción muscular y estabilización articular para proteger las estructuras estabilizadoras primarias de la rodilla, reduciendo la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior.⁴⁹ Los demás factores de riesgo neuromusculares, debido a su alta complejidad para su medición, estando limitados a laboratorios especializados con instrumentos de medición costosos y con la restricción adicional de no poder ser medidos en el campo, donde específicamente se realizan las acciones deportivas, no serán de interés en el desarrollo de la presente investigación.

Además, en las diferentes evidencias que se describirán más adelante, dan a conocer la intervención de los factores de riesgo ya mencionados, con entrenamientos neuromusculares ya sea en el campo o en laboratorio, dando lugar a reducciones significativas de lesión de ligamento cruzado anterior.

⁴⁶CHAPPELL, J.D; KIRKENDALL, Yu B. y GARRET, W.E. "A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks". En. American Journal of Sports Medicine, Vol. 30, (2002). p 261-267

⁴⁷GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior Cruciate ligament injuries. En: American journal sports Medice. United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1519-1520

⁴⁸OLSEN, O.E et al. "Injury mechamisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis". En: American Journal of Sports Medicine, Vol. 32, (2004); p 1002-1012

⁴⁹SILVERS, Holly Jacinda y MANDELBAUM, Bert R. Prevention of Anterior Cruciate Ligament injury in the female athlete. En: British Journal of Sports Medice. United State. Vol. 44 (suppl I) (2007); p 55

Ahora bien, se ha demostrado ampliamente que la intervención de los factores de riesgo neuromusculares disminuye la incidencia de lesiones de rodilla en la mujer.^{50 51} De manera general, estos estudios demuestran que las intervenciones con diversos tipos de entrenamientos neuromusculares tienen tendencia a generar programas motores anticipatorios dirigidos a fomentar la estabilidad articular, el orden y producción de fuerza muscular adecuados, siendo todo esto efectivo para reducir la incidencia de lesión de rodilla particularmente en el ligamento cruzado anterior y en el síndrome de dolor patelofemoral.^{52 53 54}

En una primera aproximación, Hewett y sus colaboradores⁵⁵, evaluaron el efecto de un programa pliométrico y observaron la mecánica de aterrizaje y la fuerza presentada en los miembros inferiores de deportistas que practicaban y participaban en deportes de salto. Los autores concluyeron que la mecánica en el aterrizaje y una disminución en la fuerza de miembros inferiores presenciada durante la evaluación están asociadas en el aumento de incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior.

Por su lado, Wojtys y otros⁵⁶, examinaron a 32 voluntarios sanos, 16 hombres y 16 mujeres, para evaluar el impacto que podrían tener tres entrenamientos diferentes en la respuesta electromiográfica ante la traslación tibial anterior repentina y, en la fuerza isocinética y resistencia isocinética para la flexión y extensión de rodilla y el tobillo. El primer entrenamiento consistía en un protocolo isocinético que incluía flexión y extensión de rodilla y flexión plantar y dorsiflexión de tobillo en un dinamómetro isocinético. El segundo entrenamiento consistió de un protocolo isotónico en el que se incluía extensión de rodilla, flexión de rodilla, plantiflexión y dorsiflexión del tobillo. El tercer tipo de entrenamiento consistió de un protocolo de ejercicios de agilidad y

⁵⁰HEWETT, Timothy E. et al. "Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques". En: American Journal of Sports Medicine. United State. Vol. 24, No.6.(1996), p 765-773

⁵¹HEWETT, Timothy E. et al. "The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. American Journal of Sports Medicine, Vol. 27, (1999). p. 699-706

⁵²WILKERSON GARY B. et al. "Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program". En: Journal of Athletic Training. Vol.39, No. 1, (2004); p. 17-23

⁵³MYER, Gregory D. et al. "The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics". En: American Journal of Sports Medicine. Vol.34, No. 3, (2006); p. 445-455

⁵⁴LEPHART, Scott M. et al. "Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes". En: British Journal of Sports Medicine. Vol. 39, (2005); p. 932-938

⁵⁵HEWETT, Timothy E. et al. "Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques". En: American Journal of Sports Medicine. United State. Vol. 24, No.6.(1996), p 765-773

⁵⁶WOJTYS, Edward M. et al. Neuromuscular adaptations in isokinetic, isotonic, and agility training programs. En: American Journal of Sports Medicine. United State. Vol. 24, No. 2 (1996); p. 187 - 192

pliometría como el deslizamiento en tabla, saltos en un pie y cambios de dirección.

Fue así que, dada la naturaleza del mecanismo de lesión de rodilla, la implementación de programas de entrenamiento en los que se incluyan los ejercicios de agilidad y pliometría tendrían la capacidad de mejorar la respuesta neural ante cargas externas haciendo que ésta fuera más rápida.

Posteriormente, Hewett y colaboradores⁵⁷, evaluaron el efecto de un entrenamiento neuromuscular a través de un adiestramiento pliométrico, con la finalidad de obtener una disminución en la incidencia de lesión en la rodilla en mujeres atletas. El grupo a intervenir se dividió en 3 grupos, un primer grupo de 366 mujeres sin historia de entrenamiento, un segundo grupo de 463 mujeres entrenadas y un tercer grupo de 434 varones no entrenados. Las intervenciones incluyeron ejercicios de flexibilidad, ejercicios polimétricos y entrenamiento con pesas, durante 6 semanas.

Los resultados de este estudio indicaron que el entrenamiento de saltos, disminuye la incidencia de lesión de rodilla. Esta reducción se asoció estadísticamente a la disminución en la magnitud de la aducción y abducción de la rodilla, además de una mejora en la relación de fuerza isquiotibial-cuádriceps. Sin embargo, este estudio planteó la idea de profundizar detalladamente en los movimientos que realiza la rodilla como son la aducción y la abducción, e igualmente en los desequilibrios entre los músculos isquiotibiales y cuádriceps de los miembros inferiores dominantes y no dominantes, ya que pueden servir como indicadores preventivos para la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior en deportistas femeninas.

Además, estos autores en su estudio recomendaron que las mujeres atletas en deportes que impliquen saltar y girar, como el baloncesto, voleibol y el fútbol, se capaciten y entrenen antes de saltar, incluyendo programas de resistencia progresiva en el levantamiento de pesas para los miembros inferiores. Dando lugar, a una mejoría en la calidad del movimiento y en el equilibrio neuromuscular de los isquiotibiales y de los cuádriceps.

Por su parte, Wilrkerson y colaboradores⁵⁸, desarrollaron un estudio de entrenamiento pliométrico durante 6 semanas a 19 jugadores que practicaban el baloncesto para determinar cambios en el funcionamiento de los miembros inferiores durante el salto.

⁵⁷HEWETT, Timothy E. et al. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. En: American Journal of Sports Medicine. United State. Vol. 27, (1999); p 699-706

⁵⁸WILKERSON GARY B. et al. Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program. En: Journal of Athletic Training. Vol. 39, No.(1, (2004); p 17-23

Los autores de este estudio informaron que el programa de entrenamiento pliométrico ayudó a mejorar las cualidades neuromusculares, especialmente la activación de los músculos isquiotibiales los cuales son esenciales para mantener la estabilidad articular a nivel de la rodilla. Los resultados indicaron disminuciones significativas dando lugar, a disminuciones significativas de lesión de ligamento cruzado anterior en jugadoras de baloncesto.

Lephart y colaboradores⁵⁹, investigaron los efectos de un programa pliométrico durante 8 semanas sobre las características neuromusculares y biomecánicas en los miembros inferiores de atletas del sexo femenino. Estos autores evaluaron la fuerza de los músculos cuádriceps e isquiotibiales de la rodilla, durante el aterrizaje y la actividad de estos músculos antes y después de la intervención.

Los resultados del estudio arrojaron mejoras en las características neuromusculares, especialmente en los patrones de activación muscular como la contracción dominante del cuádriceps, la dominancia ligamentaria y la dominancia del miembro inferior, reduciendo potencialmente las posiciones en peligro de lesión como las actividades de salto, cambios de dirección y pivotes a rápida velocidad. Además, se produjeron cambios significativos y favorables a nivel neuromuscular y biomecánico en los miembros inferiores de las atletas femeninas con el entrenamiento pliométrico y de resistencia, dando lugar a disminuciones en la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior en atletas femeninas.

Ahora bien, todos estos programas incluyen desde actividades de aprendizaje simples de movimientos, pasando por entrenamientos en superficies inestables y condiciones reactivas hasta el entrenamiento final de habilidades específicas que mimetizan aquellas circunstancias de riesgo que pueden producir una lesión.

Es por esto importante, que las investigaciones demuestran que identificar estos factores es de suprema importancia, dado que existe suficiente evidencia indicando que el entrenamiento neuromuscular mejora tanto la magnitud de la aducción y abducción en el aterrizaje como el cociente de fuerza isquiotibiales-cuádriceps. Es así, que la identificación en el campo de los factores de riesgo neuromusculares a través de evaluaciones simples, que apuntan a evaluar estos mismos factores y que después de ser identificados puedan ser intervenidos, van a contribuir a mejorar el control neuromuscular y biomecánico, además de la técnica de los gestos deportivos, contribuyendo a la reducción en la incidencia de lesiones de rodilla.⁶⁰

⁵⁹LEPHART, Scott M. et al. "Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes". En: British Journal of Sports Medicine. Vol. 39, No. 1(2005); p. 932-938

⁶⁰HEWETT, Timothy E. et al. Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injuries. En: Sports Medicine and Orthopedics. Cincinnati. Current Women's Health Reports 2001, p. 223

De los factores de riesgo neuromusculares descritos, son de capital importancia aquellos que aportan información valiosa e importante desde su aplicabilidad en el terreno deportivo. Lamentablemente, la aparatología biomecánica asociada a los diferentes estudios que describen los factores de riesgo neuromusculares, ha impedido realizar intervenciones eficaces para disminuir las tasas de lesión del ligamento cruzado anterior dado el costo y alta especialización de los equipos utilizados para tal fin. Sin embargo, recientemente, diversos autores,⁶¹⁶²⁶³⁶⁴ han propuesto métodos simples y económicos para detectar, si no todos, al menos los más importantes factores de riesgo neuromusculares asociados a lesión del LCA. Es así, que se han propuesto tests simples, aplicables en el terreno deportivo para evaluar la dominancia ligamentaria, la dominancia del miembro inferior y el predominio de fuerza muscular. Esto, finalmente de gran importancia e implicaciones para la estructuración e implementación de programas preventivos de lesión del ligamento cruzado anterior. A continuación se expone la evidencia en la literatura científica que sustenta su existencia y los métodos evaluativos de campo para su uso en el terreno deportivo.

4.2.4.4.1 DESEQUILIBRIOS NEUROMUSCULARES

4.2.4.4.1.1 La Dominancia Ligamentaria:

El término dominancia ligamentaria se refiere a la inestabilidad neuromuscular y ligamentaria de la rodilla, dando lugar al aumento en el movimiento medial de la rodilla durante actividades deportivas produciendo un notable valgo de rodilla.⁶⁵ Esta inestabilidad ligamentaria se produce cuando el atleta permite que los ligamentos de la rodilla, absorban una parte significativa de la fuerza de reacción que se produce durante las maniobras deportivas, particularmente en los momentos de aducción excesiva de la cadera durante el aterrizaje. Esta

⁶¹TAGESSON, Sofi, K.B. KVIST, Joanna. Intra- and Interrater Reliability of the Establishment of One Repetition Maximum on Squat and Seated Knee Extension. En: Journal of Strength and Conditioning Research. Suecia. Vol.21, No. 3, (2007); p 801- 807

⁶²PIVA Sara R. et al. Reliability of Measures of Impairments Associated with Patellofemoral Pain Syndrome. En: Biomed Central. United State. Vol. 7, No. 33, (2006); p 1-13

⁶³MOSS, Crayton L. WRIGHT, Thomas P. Comparison of Three Methods of Assessing Muscle Strength and Imbalance Ratios of the Knee. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 28, No. 1, (1993); p. 55-58

⁶⁴MYER, Gregory; FORD, Kevin y HEWETT, Timothy. Rationale and clinical techniques for anterior Cruciate ligament injury prevention among female athletes. United State. En: Journal of Athletic Training. Vol. 39, No. 4 (2004); p 352-363

⁶⁵HEWETT TE, PATERNO MV, MYER GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. En: *Clinical Orthop.* (2002);402: p 76– 94.

manifestación externa, permite entender que los músculos estabilizadores de la rodilla no están cumpliendo su función estabilizadora, provocando que los ligamentos queden como únicos estabilizadores de la rodilla.⁶⁶

De acuerdo con Myer, Ford y Hewett⁶⁷, una mujer identificada como dominante ligamentaria, presenta un movimiento notable de valgo de rodilla que puede ser identificado fácilmente con un test de caída controlada, pidiéndole al sujeto que se ponga de pie apoyado en un solo miembro inferior realizando un descenso desde un step. Asimismo, la rodilla y el pie están colocados cerca del borde del step.⁶⁸ Este valgo de rodilla está caracterizado por una aducción femoral, rotación femoral interna en relación con la cadera, rotación tibial externa en relación con el fémur con o sin pronación del pie.

Cuando se observa un dominio ligamentario en la rodilla, duran el momento valgo, es el ligamento quien en mayor proporción absorbe tensión o impacto en gestos deportivos como aterrizajes, giros, aceleraciones y desaceleraciones.⁶⁹

De acuerdo con Hewett y Colaboradores⁷⁰, la coactivación de cuádriceps e isquiotibiales es esencial para lograr evitar el valgo dinámico en las acciones de aterrizaje en féminas deportistas. También, Lloyd y Buchanan⁷¹ demostraron que la activación ordenada de músculos como el sartorio, tensor de la fascia lata y, prioritariamente la contracción de cuádriceps e isquiotibiales, son definitivas para el control y soporte de cargas en valgo y varo sobre la articulación de la rodilla.

Por tanto, a un atleta se le debe evaluar y enseñar a controlar los movimientos dinámicos de la rodilla. De igual forma, se le debe mostrar la técnica para utilizar la rodilla de manera adecuada, para realizar una óptimo ángulo de flexión y extensión, evitando un valgo y varo tibial.⁷²

⁶⁶MYER, Gregory; FORD, Kevin y HEWETT, Timothy. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. United State. En: Journal of Athletic Training. Vol. 39, No. 4 (2004); p 356

⁶⁷Ibid., p. 356-357

⁶⁸PIVA Sara R. et al. Reliability of Measures of Impairments Associated with Patellofemoral Pain Syndrome. En: Biomed Central. United State. 2006 7: 33; p 6-7.

⁶⁹MYER, Gregory; FORD, Kevin y HEWETT, Timothy. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. United State. En: Journal of Athletic Training. Vol. 39, No. 4 (2004); p 356

⁷⁰HEWETT, Timothy E. et al. "Preparticipation physical examination using a box drop vertical jump test in Young athletes". En: Journal Sport Medicine, Vol. 16, No. 4, (2006); p. 298-304

⁷¹LLOYD, David G y BUCHANAN, Thomas S. "Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee". En: Journal of Biomechanics. Vol. 34, No. 10.(2001); p. 1257-1267

⁷²HEWETT, Timothy E. et al. Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injuries. En: Sports Medicine and Orthopedics. Cincinnati. Current Women's Health Reports 2001, p. 219

Debido al incremento en la incidencia de lesiones de rodilla en la mujer, producida por la dominancia ligamentaria, se ha propuesto un test de campo que permite evidenciar el valgo dinámico de rodilla asociado a la dominancia ligamentaria de forma simple y económica, llamado test de calidad del movimiento propuesto por Piva y sus colaboradores⁷³, el cual se describirá más adelante. Igualmente, examinan los patrones alterados de movimientos y patrones de activación musculares presentes en la población femenina y que son los principales causantes de lesión de ligamento cruzado anterior, como se ha demostrado ampliamente en las investigaciones anteriormente reportadas. En este test el miembro inferior del sujeto realiza un movimiento normal ejecutando un descenso y un ascenso en un step pretendiendo identificar la dominancia ligamentaria.⁷⁴

La realización de este test específico permite entonces, evidenciar, evaluar y examinar los diferentes patrones alterados de movimientos y patrones de activación muscular, que permitirán posteriormente identificar y prevenir los posibles colapsos ligamentarios en la articulación de la rodilla.

4.2.4.4.1.2 La Dominancia del miembro inferior:

La dominancia del miembro inferior es un desequilibrio entre la fuerza muscular y coordinación entre el miembro inferior dominante y el no dominante. Este tipo de desequilibrio muscular ha sido reportado en la literatura como posible causante de lesiones de rodilla, debido a que las mujeres muestran mejor coordinación y mayores niveles de fuerza en el miembro inferior dominante, quedando en riesgo el miembro inferior no dominante por no poseer suficientes niveles de fuerza y coordinación.⁷⁵

La existencia de diferencias de fuerza significativas mayores al 20% en la fuerza dinámica máxima entre el miembro inferior dominante y el no dominante conlleva a un desequilibrio muscular importante que ha sido asociado a un incremento en las tasas de lesión del ligamento cruzado anterior.⁷⁶

⁷³PIVA Sara R. et al. Reliability of Measures of Impairments Associated with Patellofemoral Pain Syndrome. En: Biomed Central. United State. Vol. 7, No. 33, (2006); p 6-7.

⁷⁴ Ibid., p.2- 13

⁷⁵HEWETT, Timothy E.; MYER, Gregory D. y FORD, Kevin R. (2001) "Prevention anterior cruciate ligament injuries". En: Current Women`s Health Reports. Vol. 1(2001); p. 218-224

⁷⁶Knapik JJ, Bauman CL, Jones BH, Harris JM, Vaughan L. Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. En. *American Journal Sports Medicine*. Vol. 19, (1991); p 76-81.

Hewett y sus colaboradores⁷⁷, explicaron que las diferencias en las fuerzas de los miembros inferiores, son de gran importancia en la lesión de ligamento cruzado anterior. Es por esto, que el objetivo del estudio fue identificar desequilibrios musculares y que se pueden realizar en máquinas de extensión de la rodilla, con el objetivo de identificar desequilibrios musculares, los cuales son importantes para observar la capacidad que tiene un atleta para realizar una posición adecuada de sus piernas, buscando siempre el equilibrio entre estas y evitar lesiones de rodilla.

La evidencia presentada anteriormente, permite dilucidar que el miembro inferior dominante a menudo ha demostrado una mayor fuerza y coordinación en mujeres atletas.⁷⁸

Igualmente, el exceso de dependencia de la parte dominante puede generar un mayor estrés en la rodilla, mientras que la parte más débil está en riesgo debido a la incapacidad de la musculatura de absorber eficazmente las fuerzas asociadas con las actividades deportivas.⁷⁹

Lo anterior, conlleva a desarrollar estrategias preventivas para identificar aquellos sujetos con desequilibrio, evitando el deterioro ligamentario en la rodilla de la mujer, poniendo en marcha una serie de programas encaminados a contrarrestar las lesiones de rodilla. Es así, que los programas están enfocados a establecer un buen sistema propioceptivo para mejorar los parámetros neuromusculares disminuyendo la incidencia de lesión de LCA en mujeres, permitiendo la estabilidad y protección de la articulación de la rodilla en las deportistas cuando ejecutan desplazamientos, saltos, cambios de dirección y desaceleraciones en el baloncesto.

Dicho esto, la evaluación de la fuerza dinámica máxima se ejecutará mediante la realización de la 1RM, al valorar unipodalmente la 1RM, se puede detectar el grado de simetría en fuerza dinámica máxima entre el miembro inferior dominante y el no dominante. Dado que esta manifestación de fuerza es determinante en el rendimiento atlético, la identificación de este tipo de desequilibrio puede indicar el grado de riesgo de lesión por déficits de fuerza dinámica que permitan una estabilización articular oportuna.⁸⁰

⁷⁷HEWETT, TE, Paterno MV, Myer GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. En: *Clinical Orthop.* 2002;402:76-94.

⁷⁸HEWETT, Timothy E. et al. Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injuries. En: *Sports Medicine and Orthopedics.* Cincinnati. Current Women's Health Reports 2001, p. 219-220

⁷⁹GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding and prevention noncontact anterior Cruciate ligament injuries. En: *American journal sports Medicine.* United State. Vol. 34, No. 9 (2006); p 1519

⁸⁰ EARLE. BEACHLE. Principios del Entrenamiento de la Fuerza y del Acondicionamiento Físico. Biomecánica de los Ejercicios de Fuerza. En: *National Streght and Conditioning Association.* Editorial Medica Panamericana 2ª Edición. P. 35-36

4.2.4.4.1.3 Contracción Dominante del Cuádriceps:

Se refiere a un desequilibrio entre los músculos isquiotibiales y cuádriceps, tanto, en la fuerza, reclutamiento y coordinación. Este tipo de desequilibrio se presenta de manera más frecuente en mujeres que en hombres. Rutinariamente, la relación de fuerza isquiotibiales cuádriceps se expresa como el cociente i/c y puede ser evaluado en las diferentes manifestaciones de fuerza: isométrica, isocinética e isotónica. Ha sido reportado ampliamente que la relación de fuerza i/c en contracciones isocinéticas es de 50-60%⁸¹; para contracciones isoinerciales existen pocos datos y, en general, se considera normal un cociente de 54%⁸² para este tipo de contracción.

Varias investigaciones han mostrado una notable diferencia en el cociente i/c en mujeres deportistas, comparado con varones deportistas. Los valores del cociente i/c en mujeres se acercan a 55%⁸³ y ha sido altamente correlacionado con la aparición de lesiones del ligamento cruzado anterior

Todo esto, está relacionado con desequilibrios en el desarrollo neuromusculares asociados a la aparición de lesiones específicamente en LCA.⁸⁴ Este desequilibrio muscular se debe en general a que las mujeres tienden a activar preferentemente los cuádriceps que los isquiotibiales para realizar los movimientos deportivos, ésta preferencia conduce a la generación de mayor fuerza sobre la articulación. Esta confianza sobre los cuádriceps, ha sugerido que el desequilibrio se relaciona con la fuerza y coordinación entre los cuádriceps y los isquiotibiales.⁸⁵

Dada la asociación entre el desequilibrio i/c en mujeres con la aparición de lesiones de rodilla, Gregory Myer, Kevin Ford y Timothy Hewett⁸⁶, han propuesto la medición de la tasa de fuerza entre los isquiotibiales y el

⁸¹ ANCHUELA Ocaña J. et al. La relación isquiotibiales/cuádriceps como índice predictivo de la gonartrosis. En: Revista Española de Cirugía Osteoarticular. Vol. 34, No. 197, (1999); p. 13

⁸² MOSS, Crayton L. WRIGHT, Thomas P. Comparison of Three Methods of Assessing Muscle Strength and Imbalance Ratios of the Knee. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 28, No. 1, (1993); p. 57

⁸³ MYER, Gregory; FORD, Kevin y HEWETT, Timothy. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. United State. En: Journal of Athletic Training. Vol. 39, No. 4 (2004); p 352- 364

⁸⁴ Ibid., p.1519

⁸⁵ HEWETT, Timothy E. MYER, Gregory D. ZAZULAKD, Bohdanna T. Hamstrings to Quadriceps Peak Torque Ratios Diverge Between Sexes with Increasing Isokinetic Angular Velocity. En: Journal of Science and Medicine in Sport. Cincinnati, United States. Vol. (2007), doi:10.1016/j.jsams.2007.04.009; p. 1

⁸⁶ MYER, Gregory; FORD, Kevin y HEWETT, Timothy. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. United State. En: Journal of Athletic Training. Vol. 39, No. 4 (2004); p 352- 364

cuádriceps como un método de detección de desequilibrios de fuerzas entre estos dos grupos musculares, con orientación a disminuir la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior. Para ellos, una proporción de la fuerza entre isquiotibiales y cuádriceps correspondiente al 54%, en la manifestación de la fuerza isotónica, podría indicar una dominancia del cuádriceps. Igualmente, proponen que si no se dispone de máquinas isocinéticas para su medición, también es válido realizar estas mediciones en máquinas isotónicas e incluso, un simple test de flexión de rodilla unipodal hasta 90 grados realizado establemente, puede ser un indicador fiable de la capacidad de los isquiotibiales para estabilizar la rodilla.

Por esta razón, para contrarrestar estos desequilibrios musculares se ha demostrado que la fuerza y la flexibilidad son importantes para la prevención de lesiones. Paralelamente, con un buen control neuromuscular se puede tener mayor estabilización en la rodilla y ofrecer un mejor potencial para la intervención.

Dicho esto, se recomienda evaluar la fuerza máxima dinámica de los miembros inferiores a través de la 1RM, para saber el equilibrio de la fuerza en la relación (I/C) entre el miembro inferior dominante y no dominante, para ser utilizado como una posible herramienta para reducir la susceptibilidad de lesiones de rodilla.⁸⁷

Ahora bien, para la protección del ligamento cruzado anterior, es importante considerar la evaluación de la fuerza muscular máxima, teniendo en cuenta el papel de los músculos isquiotibiales para equilibrar potencialmente al ligamento cruzado anterior.⁸⁸

Lo anterior, sugiere y se debe entender que existen factores de riesgo que pueden predisponer a las atletas a lesión de ligamento cruzado anterior. Además, si no se intervienen estos factores de riesgo adecuadamente con el único objetivo de proteger la rodilla, para evitar una posible lesión de ligamento cruzado anterior, esta lesión va a generar una afección degenerativa articular llamada osteoartritis, aumentando el deterioro total de la rodilla.⁸⁹ Esta degeneración articular va acompañada por cambios secundarios alrededor de la articulación de la rodilla, como debilidad muscular y crecimiento de hueso

⁸⁷HEWETT, Timothy E. MYER, Gregory D. ZAZULAKD, Bohdanna T. Hamstrings to Quadriceps Peak Torque Ratios Diverge Between Sexes with Increasing Isokinetic Angular Velocity. En. Journal of Science and Medicine in Sport. Cincinnati, United States. Vol. (2007), doi:10.1016/j.jsams.2007.04.009; p. 1-4

⁸⁸Ibid., p. 209

⁸⁹ PAZ Jorge César Usó. Plastia de ligamento cruzado anterior con injerto de tendones isquiotibiales sin desinserción tibial. En: Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas. Vol. 14, No. 2(2009); p. 100-102

nuevo resultando en pérdida de la movilidad y función.⁹⁰ Teniendo presente estas consideraciones se pasará a discutir y describir esta patología.

4.2.5 OSTEOARTRITIS DE RODILLA:

La osteoartritis es un desorden degenerativo crónico caracterizado por pérdida del cartílago. También, se asocia con un deterioro y degeneramiento articular, produciendo dolor e inflamación, generando una inestabilidad y pérdida de fuerza de todo el grupo muscular que rodea la rodilla.⁹¹

Desde hace dos décadas se acepta comúnmente que las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) tienen un papel vital en el deportista que aspira a seguir compitiendo en el mismo nivel y que estas lesiones incrementan el riesgo de osteoartritis prematura en la rodilla.

La ruptura del ligamento cruzado anterior causa destrucciones en las células del cartílago adyacente, suficientes como para provocar fracturas del hueso o del cartílago y, en consecuencia, la muerte de células cartilaginosas alejadas de la zona de impacto.⁹²

De esta manera, la rodilla con una lesión del LCA es sometida a sobrecarga produciendo lesiones meniscales y condrales asociadas, con episodios de subluxación, inestabilidad y la probabilidad de evolucionar hacia una osteoartritis, con una disfunción clara de la rodilla en las actividades de la vida diaria y en la actividad deportiva.⁹³

El daño significativo de las estructuras articulares afecta la función de la rodilla del paciente disminuyendo el nivel de actividad y cambiando su estilo de vida. Además, la ruptura del LCA lleva a una limitación severa en las actividades cotidianas de la vida diaria entre el 31%- 44% de los pacientes y en actividades deportivas en el 77%.⁹⁴ También, dos tercios de los pacientes con daños de las estructuras articulares de la rodilla como consecuencia de la ruptura del LCA y del daño meniscal se ha identificado como inductor de osteoartritis que puede empeorar severamente las actividades funcionales e independientes del

⁹⁰ ANCHUELA Ocaña J. et al. La relación isquiotibiales/cuádriceps como índice predictivo de la gonartrosis. En: Revista Española de Cirugía Osteoarticular. Vol. 34, No. 197, (1999); p. 11-14

⁹¹ HAG I., MURPHY E. and DACRE J. Osteoarthritis. En: Post Graduate Medical Journal. United state. Vol. 79. (2003). p. 377-383

⁹² Ibid., p. 377-378

⁹³ Ibid., p. 377-383

⁹⁴ MÁRQUEZ William H. MÁRQUEZ Jorge J. ¿Por qué reconstruir el ligamento cruzado anterior con dos haces? Revisión de la literatura y anotaciones sobre la técnica quirúrgica. En: Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Vol. 22, No. 4, Diciembre de 2008. p. 222 - 232.

paciente. Del mismo modo, el 50%⁹⁵ de las personas que hayan sufrido ruptura del LCA desarrollarán osteoartritis en un plazo de cinco a diez años.

Ahora bien, un aumento de la actividad muscular de los miembros inferiores, particularmente de los cuádriceps y los isquiotibiales, pueden estabilizar la rodilla debido al aumento de la fuerza, mejorando el control de la carga excéntrica y aumentando la protección del ligamento durante su posición anatómica, evitando la lesión del ligamento cruzado anterior y una futura aparición de osteoartritis de rodilla.⁹⁶

Finalmente, los pacientes que se someten a una cirugía de reconstrucción del LCA mejoran su calidad de vida, pero no disminuye el riesgo para desarrollar osteoartritis. Por lo tanto, para evitar la lesión de ligamento cruzado anterior como una cirugía reconstructiva, es determinante identificar los factores de riesgo en especial los neuromusculares como los patrones alterados de movimiento y patrones de activación, impidiendo la ruptura del LCA, su cirugía reconstructiva y el desarrollo de la osteoartritis.⁹⁷ Por tal razón, si se evita lesión, indirectamente se está evitando degeneración articular, sobre costos médicos por tratamiento y posible reemplazo articular.

⁹⁵ HORTOBAGYI, Tibor. et al. Altered hamstring-quadriceps muscle balance in patients with knee osteoarthritis. En: Clinical Biomechanics. Vol. 20, 2005; p. 97-104

⁹⁶ MÁRQUEZ William H. MÁRQUEZ Jorge J. ¿Por qué reconstruir el ligamento cruzado anterior con dos haces? Revisión de la literatura y anotaciones sobre la técnica quirúrgica. En: Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Vol. 22, No. 4, Diciembre de 2008. p. 222 - 232.

⁹⁷ HORTOBAGYI, Tibor. et al. Altered hamstring-quadriceps muscle balance in patients with knee osteoarthritis. En: Clinical Biomechanics. Vol. 20, 2005; p. 97-104

5. METODOLOGÍA

5.1 DISEÑO:

La presente es una investigación descriptiva, que pretende identificar los factores de riesgo neuromusculares en lesión de rodilla en el equipo femenino de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira.

5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA:

La población corresponde al equipo femenino de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira que cuenta con 12 jugadoras entre 19 y 25 años de edad y con un nivel académico universitario.

Los criterios de inclusión:

Se tendrán en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

- Que lleven más de 6 meses entrenando con el equipo de baloncesto de la Universidad tecnológica de Pereira.
- Que tengan como mínimo 1 entrenamiento semanal.
- Que posean experiencia de entrenamiento con pesas.
- Que posean experiencia en evaluaciones de la 1RM.

Los criterios de exclusión:

Se tendrán en cuenta los siguientes criterios de Exclusión:

- Que tengan lesión rodilla.
- Que tengan antecedentes de lesiones osteomusculares, específicamente en miembro inferior.
- Que estén cursando el primer semestre en la Universidad Tecnológica Pereira.
- Que las jugadoras tengan más de 25 años.

Los criterios de inclusión y exclusión mencionados anteriormente, se establecen con el único objetivo de que la selección de cada una de las participantes se realice de manera ordenada y evitando inconvenientes que puedan afectar la salud de cada una de ellas.

La técnica del **muestro es no probabilístico-intencionado** de las jugadoras de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira, quedando el grupo de estudio constituido por 8 jugadoras.

5.3 VARIABLES:

Variables	Indicadores	Ítems
Fuerza Máxima Isotónica Bilateral y unilateral de los Cuádriceps (C) y de los Isquiotibiales (I): Es la Capacidad de un sujeto para levantar el máximo peso posible en una sola repetición en máquina de extensión y de flexión (Curl Femoral).	LBRs	Código Numérico Arábigo.
Calidad del Movimiento del miembro inferior Dominante y no dominante: Es denominada control neuromotor o coordinación de movimientos de un miembro inferior durante un descenso y ascenso de un step de 20 cms.	Ordinal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estrategia de Brazo: Si el sujeto usa la estrategia de brazo en una tentativa de recuperar el equilibrio, 1 punto es añadido. 2. Movimiento de Tronco: Si el tronco se inclinara a cualquier lado, 1 punto es añadido. 3. Avión de Pelvis: Si la pelvis hace un giro o se eleva a un lado comparado con el otro, 1 punto es añadido. 4. Posición de Rodilla: Si la rodilla se desvía y la tuberosidad tibial cruza una línea imaginaria vertical sobre el segundo dedo del pie, se añade 1 punto, o, si la rodilla se desvía y la tuberosidad tibial cruza una línea vertical imaginaria sobre la frontera medial del pie, añade 2 puntos. 5. Mantener la postura unilateral estable: Si el sujeto renuncia en el lado no probado, o si el miembro probado del sujeto se hace inestable (es decir vaciló de lado al lado en el lado probado), se añade 1 punto.

Cociente Isquiotibial/Cuádriceps (bilateral): Es el resultado de la división entre los músculos Isquiotibiales bilaterales y los músculos Cuádriceps bilaterales, expresado en porcentaje.	%	Código Numérico Árábigo.
Cociente Isquiotibial/Cuádriceps (Unilateral): Es el resultado de la división entre los músculos isquiotibiales del miembro inferior no dominante unilateral y los músculos cuádriceps del miembro inferior dominante unilateral, expresado en porcentaje.	%	Código Numérico Árábigo.
Cociente del miembro inferior no dominante I/miembro inferior dominante I (unilateral): Es el resultado de la división entre el miembro inferior no dominante del isquiotibial y el miembro inferior dominante del isquiotibial, expresado en porcentaje.	%	Código Numérico Árábigo.
Cociente de la calidad del movimiento del miembro inferior no dominante/dominante: Es el resultado de la división entre la cualidad del movimiento del miembro inferior no dominante y la cualidad del movimiento del miembro inferior dominante, expresado en porcentaje.	%	Código Numérico Árábigo.

6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

6.1 TÉCNICAS:

La convocatoria se realizará de manera escrita explicando de manera clara que lo que pretende hacer con las jugadoras de baloncesto, con la única intención de asegurar un resultado objetivo en la investigación. En primer lugar, se hablará de manera personal con el director de deportes de la Universidad Tecnológica de Pereira y con el técnico de la selección femenina de baloncesto de la misma universidad, para que se enteren de la investigación a realizar. Además, las jugadoras deberán firmar un consentimiento informado para la investigación. Una vez se consiga todo el protocolo anteriormente dicho, se establecerá una fecha para la realización de los test, teniendo en cuenta el tiempo disponible de las jugadoras y del gimnasio en el cual se realizarán los test.

Igualmente, al evaluar las jugadoras se dividirán por dúos y se destinará 2 días para realizar las evaluaciones. Además, los evaluadores deberán estar presentes durante todas las evaluaciones, para instruir a los deportistas sobre la técnica correcta, monitorizar la técnica durante las pruebas, ayudar a las deportistas a colocar los elementos en las máquinas y motivarlas para conseguir que el esfuerzo sea al máximo.

En este orden de ideas, se utilizarán dos test para recolectar los datos de las variables arriba mencionadas: el test de la repetición máxima o 1 RM que mide la fuerza máxima dinámica de los cuádriceps e isquiotibiales y el test denominado step Down que mide la calidad del movimiento, frecuentemente referida como control neuromuscular o coordinación del movimiento del miembro inferior.^{98,99}

6.1.1 Repetición Máxima (RM):

Una repetición Máxima (1RM) se define como el mayor peso que se puede levantar para un número dado de repeticiones.¹⁰⁰

La realización de la 1RM se utiliza normalmente para deportistas que tienen un nivel técnico intermedio o avanzado y un nivel de entrenamiento y de

⁹⁸ PIVA Sara R. et al. Reliability of Measures of Impairments Associated with Patellofemoral Pain Syndrome. En: Biomed Central. United State. Vol. 7, No. 33, (2006); p 2.

⁹⁹GRABINER, M.D; KOH, T.J y DRAGANICH, L.F “Neuromechanics of the patellofemoral joint. Medicine Science Sports Exercise. Vol. 26,(1994); p. 10-21

¹⁰⁰TAGESSON, Sofi, K.B. KVIST, Joanna. Intra- and Interrater Reliability of the Establishment of One Repetition Maximum on Squat and Seated Knee Extension. En: Journal of Strength and Conditioning Research. Suecia. Vol.21, No. 3, (2007); p 801.

experiencia en el trabajo con pesas, dado que la valoración de la fuerza máxima supone un estímulo de una intensidad elevada para los músculos, tejidos conectivos y articulaciones. Es por esto, que las deportistas de la selección de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira, cumplen estas condiciones para realizar esta evaluación, se considera dicha medición segura y sin riesgo para lesión osteomuscular.

Por otra parte, las pruebas de 1RM no requieren la utilización de material sofisticado y tiene gran validez en el medio deportivo, procurando reflejar el tipo de capacidad dinámica utilizada para valorar la fuerza máxima por parte de la mayoría de los preparadores físicos.¹⁰¹

Igualmente, la fiabilidad es aceptable a nivel de grupo e individual. Existiendo un alto grado de fiabilidad correspondiente al ICC 0,90 en intratest y ICC 0,96 en intertest, siempre y cuando los evaluadores posean un conocimiento adecuado de la misma.¹⁰²

Para esta investigación se realizará el siguiente protocolo de valoración de 1RM de los autores Earle y Beachle¹⁰³.

Protocolo de valoración de 1 RM:

- Inicialmente las deportistas deberán empezar con un calentamiento distribuido de la siguiente manera:
 - Movilidad articular de todo el cuerpo (10 minutos)
 - Un estiramiento general de todo el cuerpo (15 minutos)
 - Elevación de los valores basales de 15 minutos en una bicicleta estática.
 - Un estiramiento especialmente de los músculos cuádriceps e isquiotibiales
- 1. Después, el deportista deberá realizar un calentamiento ligero con pesas en las máquinas de extensión para los cuádriceps y de curl femoral para los isquiotibiales, realizando con facilidad 1 serie de 5 repeticiones en cada máquina, con un peso de 10 Lbrs.
- 2. Dejar un minuto de recuperación.
- 3. Se Estimaré una carga de calentamiento que permita al deportista hacer entre 3 repeticiones añadiendo:
 - 10 libras para evaluar la fuerza del cuádriceps bilateralmente y 5 libras de forma unilateral. Entre tanto, para evaluar la fuerza de los

¹⁰¹Ibid., p 803-806.

¹⁰² Ibid., p 804

¹⁰³ EARLE, Beachle. Biomecánica de los Ejercicios de Fuerza. EN: Principios del Entrenamiento de la Fuerza y del Acondicionamiento Físico. EN: National Streght and Conditioning Association. Editorial Medica Panamericana 2ª Edición. P. 288-289.

isquiotibiales en máquinas de curl femoral se añadirá 5 libras de forma bilateral y para la prueba unilateral 5 libras.

4. Dejar 2 minutos de recuperación.
5. Estimar, de forma conservadora, una carga que permita al deportista hacer 2 repeticiones añadiendo:
 - 10 libras para evaluar la fuerza del cuádriceps bilateralmente y 5 libras de forma unilateral. Entre tanto, para evaluar la fuerza de los isquiotibiales en máquinas de curl femoral se añadirá 5 libras de forma bilateral y para la prueba unilateral 5 libras.
6. Dejar 4 minutos de recuperación.
7. Aumentar la carga añadiendo:
 - 10 libras para evaluar la fuerza del cuádriceps bilateralmente y 5 libras de forma unilateral. Entre tanto, para evaluar la fuerza de los isquiotibiales en máquinas de curl femoral se añadirá 5 libras de forma bilateral y para la prueba unilateral 5 libras.
8. Se pedirá al deportista que haga un intento de 1RM
9. Si el deportista consigue hacer una repetición completa con la técnica adecuada, se dejan 4 minutos de recuperación y se vuelve a repetir el paso 7.

Si el deportista falla en su intento de hacer una repetición, se deja entre 2 y 4 minutos de recuperación y se baja la carga en 5 libras.

Y se vuelve a repetir el paso 8.

Se continúa aumentando o disminuyendo la carga hasta que el deportista puede hacer una repetición completa con buena técnica. Lo ideal es que se determine el peso correspondiente a 1 RM.

- Por último, el deportista debe realizar un estiramiento general de todo su cuerpo con durabilidad de 15 minutos con 12 segundos de elongación muscular en cada músculo.

6.1.2 Test (step Down)

El test step down, pretende evaluar de manera cualitativa el control neuromuscular y la coordinación del movimiento de un miembro inferior

durante un descenso y ascenso de un step de 20 centímetros.¹⁰⁴ Dicha acción deja en evidencia diferentes manifestaciones externas en cadera, rodilla y tobillo que pueden ser fácilmente observadas por un evaluador entrenado y que han sido asociadas a lesiones de rodilla.

Aunque el test no pretende cuantificar las dimensiones biomecánicas específicas de este movimiento, si puede identificar de forma simple, por observación externa, la presencia de alteraciones del movimiento con una notable validez cualitativa que ha sido reportada en 80%. Este dato sugiere que este test tiene la capacidad de identificar de forma clara y válida las alteraciones del movimiento del miembro inferior asociadas a lesión de rodilla.

El test step Down, fue desarrollado en grupos que tenían malas alteraciones en función de las extremidades inferiores que se observaron normalmente durante el examen físico en pacientes con síndrome de dolor Patelofemoral (SDPF).¹⁰⁵ Además, el Test Step Down ha demostrado ser fiable, con un coeficiente de fiabilidad del 95%. Y se cree que es capaz de reconocer los patrones de movimiento alterados comúnmente observados en esta población.

Del mismo modo, el cálculo del error estándar de medición (SEM) se calculó como $(SD * \sqrt{1 - R})$, donde r es el test-retest coeficiente de fiabilidad y SD es la desviación estándar de las puntuaciones combinadas. Asimismo, el tamaño de la muestra se calculó utilizando la muestra a priori - Power™ (Chicago, Illinois) basado en el software de estadística del cálculo de los coeficientes Kappa de Cohen en una dicotómica Variable (es decir, ajustados o no ajustados durante la inclinación patelar prueba).¹⁰⁶ Concluyendo, que el diseño en los niveles de fiabilidad intraclase sería por lo menos igual o superior a la determinada inter-tester.

Ahora bien, para realizar este test, se le pide al sujeto que se ponga de pie apoyado en un solo miembro inferior realizando un descenso desde un step de 20 cm. Asimismo, la rodilla y el pie están colocados cerca del borde del step.¹⁰⁷ Además, el test será filmado para cada deportista. De igual forma, El evaluador evalúa la prueba y se basa en 5 criterios:

1. **Estrategia de Brazo:** Si el sujeto usa la estrategia de brazo en una tentativa de recuperar el equilibrio, 1 punto es añadido.

¹⁰⁴GRABINER, M.D; KOH, T.J y DRAGANICH, L.F "Neuromechanics of the patellofemoral joint. Medicine Science Sports Exercise. Vol. 26,(1994); p. 10-21

¹⁰⁵PIVA Sara R. et al. Reliability of Measures of Impairments Associated with Patellofemoral Pain Syndrome. En: Biomed Central. United State. Vol. 7, No. 33, (2006); p 6-7.

¹⁰⁶ Ibid., p. 7

¹⁰⁷PIVA Sara R. et al. Reliability of Measures of Impairments Associated with Patellofemoral Pain Syndrome. En: Biomed Central. United State. Vol. 7, No. 33, (2006); p 6-7.

2. **Movimiento de Tronco:** Si el tronco se inclinara en cualquier dirección, 1 punto es añadido.
3. **Avión de Pelvis:** Si la pelvis hace un giro o se eleva a un lado comparado con el otro, 1 punto es añadido.
4. **Posición de Rodilla:** Si la rodilla se desvía y la tuberosidad tibial cruza una línea imaginaria vertical sobre el segundo dedo del pie, se añade 1 punto, o, si la rodilla se desvía y la tuberosidad tibial cruza una línea vertical imaginaria sobre la frontera medial del pie, añada 2 puntos.
5. **Mantener la postura unilateral estable:** Si el sujeto renuncia en el lado no probado, o si el miembro probado del sujeto se hace inestable (es decir vaciló de lado al lado en el lado probado), se añade 1 punto. Durante una maniobra de descenso unilateral del miembro inferior, en un step de 20 cms de altura.

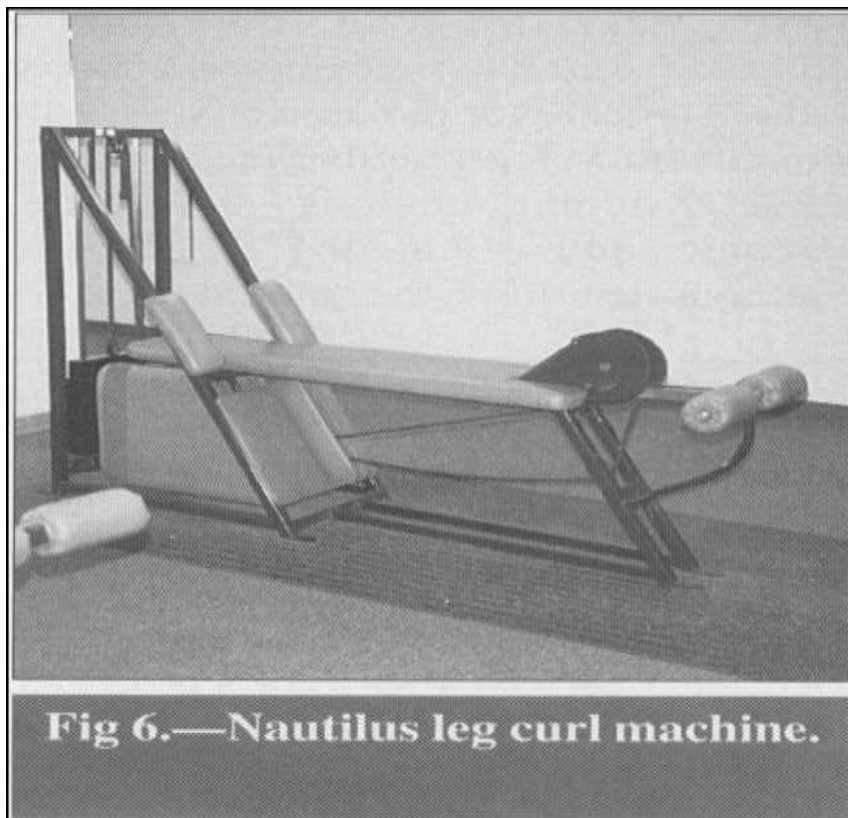
Una vez planteado lo descrito anteriormente el resultado total quedara de la siguiente manera: de 0 o 1 es clasificado como buena calidad de movimiento, de 2 o 3 es clasificado como calidad media, y de 4 o más es clasificado como la calidad mala del movimiento.

6.2 INSTRUMENTOS

Se utilizarán máquinas de gimnasio como el Curl Femoral para medir la fuerza isotónica de los isquiotibiales y la máquina de extensión de los cuádriceps para medir su fuerza isotónica y también se utilizará un Step para evaluar la calidad del movimiento de los miembros inferiores.

6.2.1 Curl Femoral:

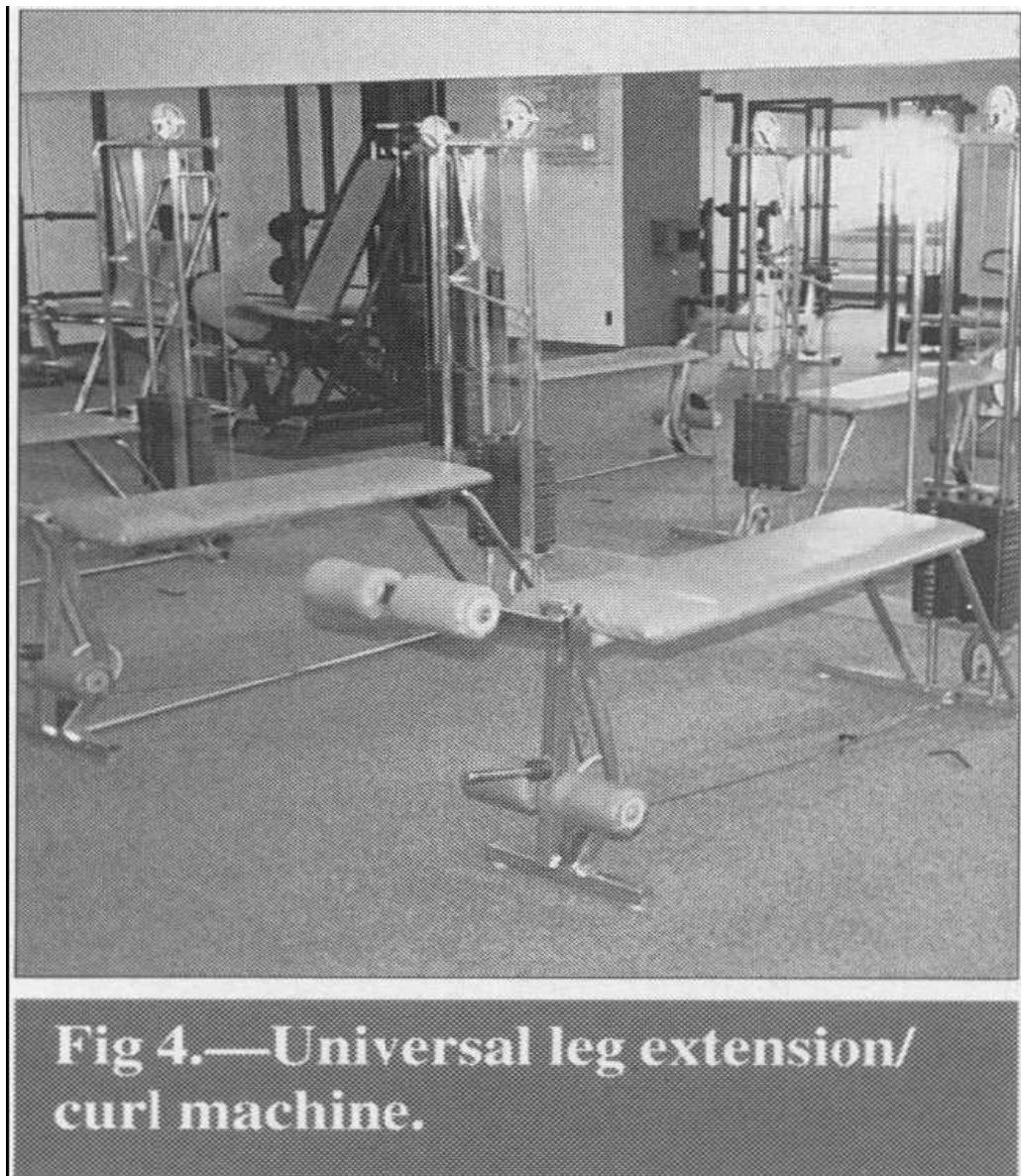
Figura 2. Máquina de flexión/curl de pierna Nautilus.



Tomado de MOSS, Crayton L. WRIGHT, Thomas P. ¹⁰⁸

¹⁰⁸ MOSS, Crayton L. WRIGHT, Thomas P. Comparison of Three Methods of Assessing Muscle Strength and Imbalance Ratios of the Knee. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 28, No. 1, (1993); p. 56

Figura 3.Máquina flexión/Curl de Universal.

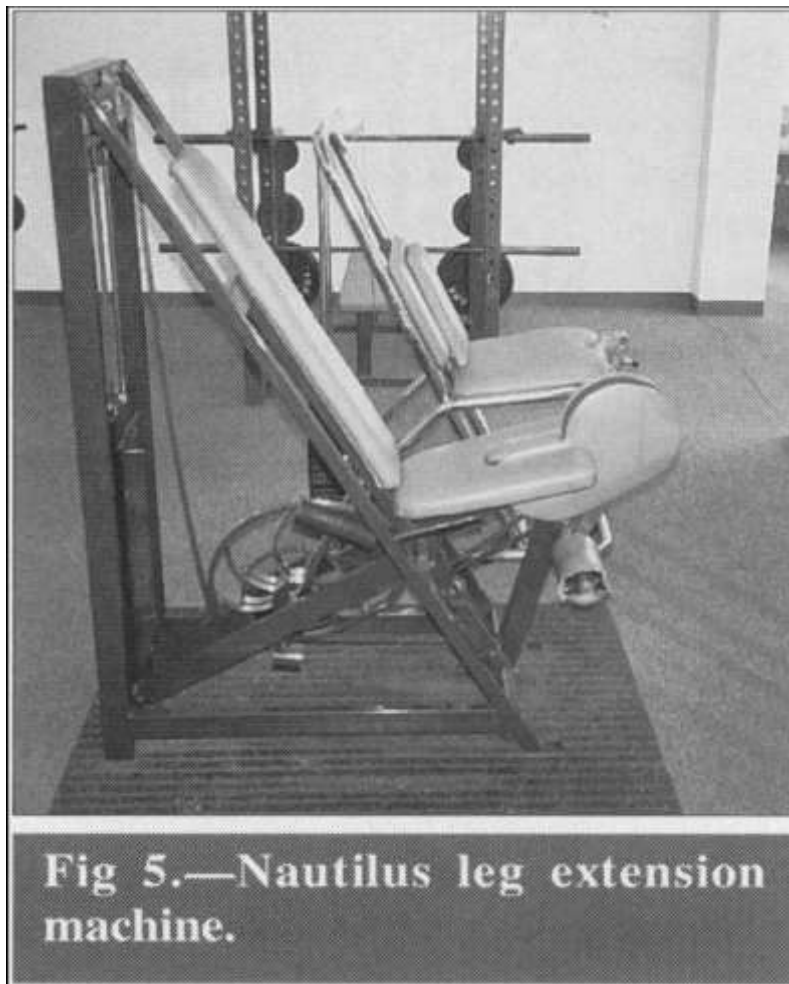


Tomado de MOSS, Crayton L. WRIGHT, Thomas P.¹⁰⁹

¹⁰⁹MOSS, Crayton L. WRIGHT, Thomas P. Comparison of Three Methods of Assessing Muscle Strength and Imbalance Ratios of the Knee. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 28, No. 1, (1993); p. 56

6.2.2 Extensión de los cuádriceps:

Figura 4. Máquina de extensión de pierna de Nautilus.



Tomado de MOSS, Crayton L. WRIGHT, Thomas P.¹¹⁰

Las mediciones isotónicas se realizarán en dos máquinas, la primera llamada Universal y la otra el Nautilus, Extensión de los Cuádriceps y Curl Femoral respectivamente.

¹¹⁰ MOSS, Crayton L. WRIGHT, Thomas P. Comparison of Three Methods of Assessing Muscle Strength and Imbalance Ratios of the Knee. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 28, No. 1, (1993); p. 56

Procedimientos de las Pruebas Isotónicas:

Para medir la fuerza del cuádriceps, el sujeto se sienta en la máquina de extensión de pierna con la rodilla doblada en un ángulo de 90 grados a (extensión llena = 0), el brazo de palanca que descansa en la tibia de la pierna se levanta sólo proximal al maléolo. Entre tanto, para medir la fuerza de los isquiotibiales, el sujeto está en posición decúbito supino en la máquina de curl femoral utilizando la pierna y el brazo de palanca a través del tendón de Aquiles de la pierna que levanta.¹¹¹

También, los trabajos isotónicos (Universal y Nautilus), podría ser usado de modo intercambiable para evaluar el desequilibrio de fuerza de músculo bilateral para la extensión de rodilla. El Nautilus muestra una proporción bilateral considerablemente inferior para la flexión de rodilla que los otros métodos probados y no debería ser usado de modo intercambiable para proporciones de fuerza ipsilateral.¹¹²

Por otro lado, los coeficientes de extensión de la rodilla no fueron diferentes entre los dispositivos de ensayo ($F [3117] = 1,42, p = .42$) o el sexo ($F [1,39] = 0,35, p = .56$). La flexión de la rodilla demostró tener una diferencia significativa - Entre la técnica de la prueba; y el Nautilus registro valores significativamente inferiores a los otros tres modos (Cuadro 2; $F [3,117] = 3,40, p = .02$; Tukey $p < .05$). La fuerza ipsilateral desequilibrio coeficientes de rodilla flexión / extensión Mostró una diferencia significativa entre los ensayos dispositivos.¹¹³

¹¹¹MOSS, Crayton L. WRIGHT, Thomas P. Comparison of Three Methods of Assessing Muscle Strength and Imbalance Ratios of the Knee. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 28, No. 1, (1993); p. 56

¹¹²Ibid., p57-58

¹¹³ Ibid., p 57-58

6.2.3 Step:

Figura 5. Test de cualidad del movimiento, tomado de.



Tomado de Piva, Sara R. et al.¹¹⁴

¹¹⁴ PIVA, Sara R. Et al. Reliability of measures of impairments associated with Patellofemoral pain syndrome. En: Biomed Central. United State. 2006; p 1-13.

El step es una plataforma que posee una superficie antideslizante cuyas alturas pueden oscilar entre: diez, quince y veinte centímetros. Y sobre la cual se pueden realizar diferentes trabajos como las coreografías y tonificación muscular. Además, la base del step permite realizar trabajos de entrenamiento intenso y de bajo impacto.

Uso correcto del Step:

La buena postura en el Step es muy importante para evitar todo tipo de lesiones. Dicho esto, la posición se debe realizar de la siguiente manera:

- Postura anatómica correcta: hombros atrás, vientre dentro, glúteos contraídos y rodilla relajadas.
- Inclinar todo el cuerpo para dar los pasos, no inclinarse desde la cadera.
- No hiperextender la espalda.
- No bloquear la rodilla.
- Las rodillas no deben pasar de un ángulo de 90°, por lo que debemos escoger la altura adecuada.
- Al levantar o bajar la plataforma, hacerlo siempre con cuidado de no poner en peligro la espalda.¹¹⁵

¹¹⁵ FERNÁNDEZ, Raima. Manual de Aerobic I.[artículo en línea]. Federación Española de Aerobic. <http://hispagimnasios.com/a_culturismo/step.php (Enero de 2009).

7. EVALUACIÓN ÉTICA

De acuerdo con el artículo 11 de la Resolución 8430 de 1983, Normas Científicas, Técnicas y Administrativas para la Investigación en Salud; el presente trabajo de grado es una investigación con riesgo mínimo, siendo una investigación descriptiva en donde se busca identificar los factores de riesgo neuromusculares en lesión de ligamento cruzado anterior en las deportistas del equipo de baloncesto de la Universidad Tecnológica Pereira.

Durante la identificación y descripción de los factores de riesgo neuromusculares a través de la prueba de 1RM y test Step Down, el riesgo a sufrir alguna caída será el mínimo, ya que el lugar donde se llevará a cabo dicha prueba, siempre cumplirá con los siguientes requisitos: espacioso, sin obstáculos y sin superficies resbaladizas; además, al lado de las evaluadas siempre estarán acompañadas por los evaluadores que tendrán la responsabilidad de brindarles seguridad y apoyo en caso que las evaluadas lo lleguen a necesitar o pierdan el balance y se fatiguen como producto de la misma prueba. Otro punto importante a aclarar es que las evaluadas siempre tendrán la posibilidad de corregir los posibles errores durante la ejecución de los test. Además, se le pedirá a cada deportista el carnet de afiliación a la EPS correspondiente.

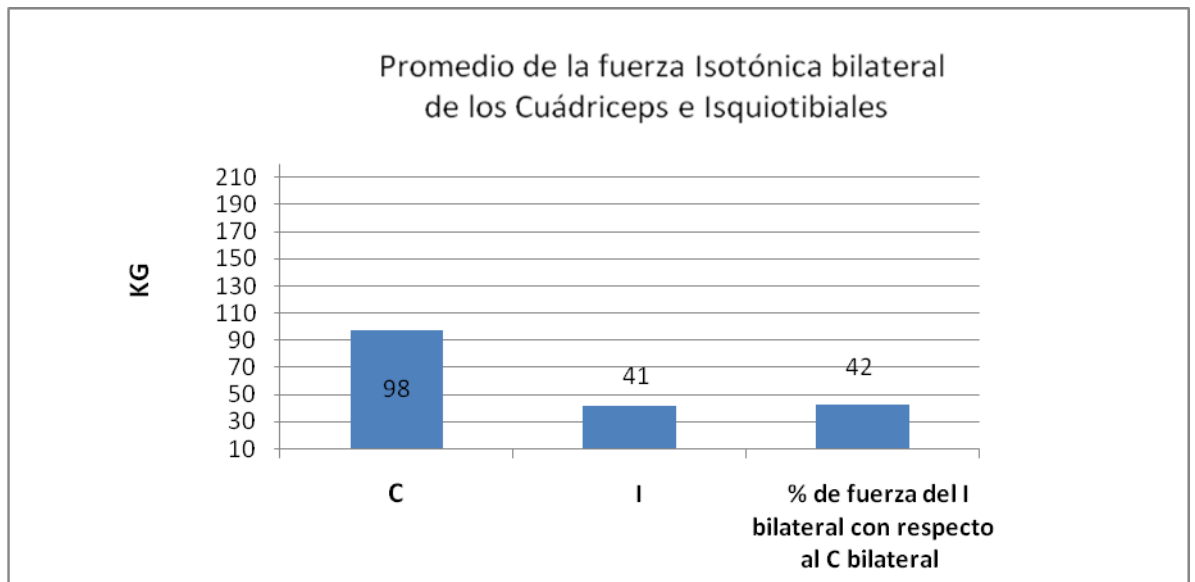
Entre tanto, la prueba de la 1RM y el test Step Down buscan identificar los factores de riesgo neuromusculares de las deportistas evaluadas, utilizando dos instrumentos, uno que son las máquinas de extensión del cuádriceps y la del curl femoral y el otro un step, para evaluar la fuerza dinámica máxima unilateral y bilateralmente de los músculos cuádriceps e isquiotibial y la calidad del movimiento del miembro inferior respectivamente establecidos para esta técnica, dicha intervención estará siempre bajo la supervisión de un profesional en el área.

Es de resaltar que esta investigación sólo se llevará a cabo con la respectiva autorización de la deportista y del comité de bio-ética de la facultad Ciencias de la Salud de la Universidad Tecnológica de Pereira y cuando la totalidad de las personas a intervenir hayan firmado el consentimiento informado (ver anexo A).

8. RESULTADOS

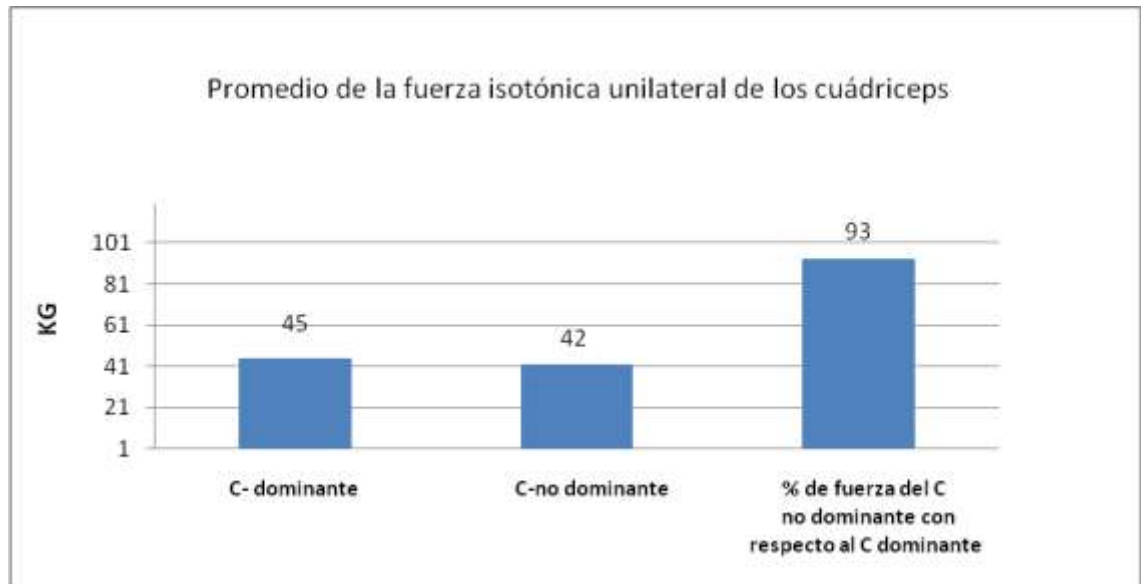
Seguidamente, se presentan los resultados de las diferentes variables evaluadas en las jugadoras de la selección de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Grafica 1. Promedio de la fuerza Isotónica Bilateral de los cuádriceps e isquiotibiales.



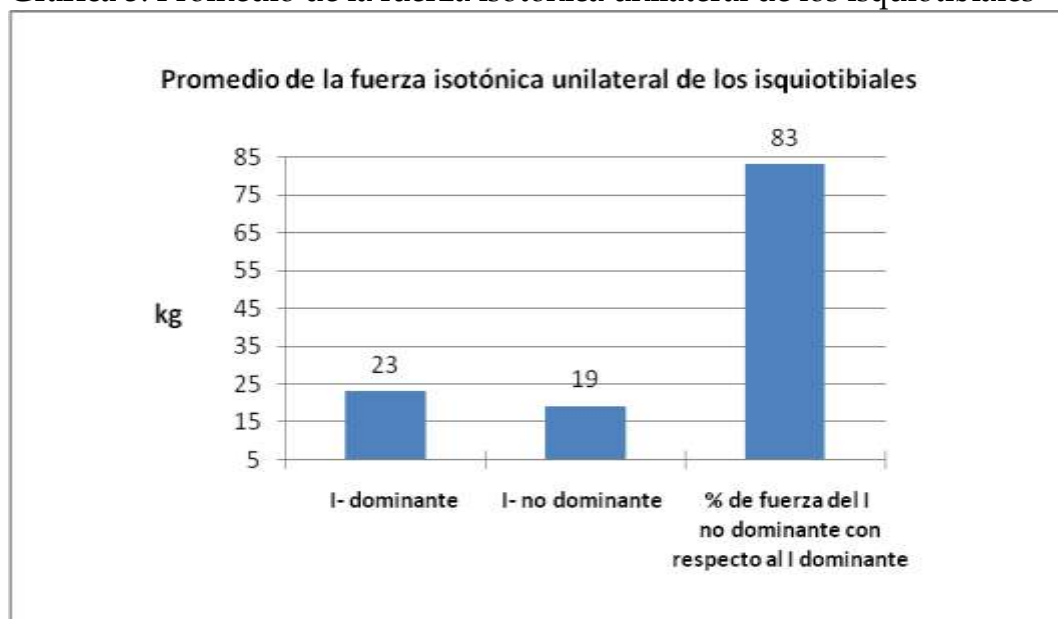
En la gráfica se puede apreciar el comparativo del promedio de fuerza isotónica del grupo muscular cuádriceps expresado bilateralmente versus el promedio de fuerza isotónica de los isquiotibiales también expresado bilateralmente. El cuádriceps manifestó un promedio de fuerza isotónica correspondiente a 98 kg, mientras los isquiotibiales alcanzaron tan sólo 41 kg. El porcentaje de fuerza del isquiotibial bilateral con respecto a los cuádriceps bilateral es de 42%.

Grafico 2. Promedio de la fuerza isotónica unilateral de los cuádriceps



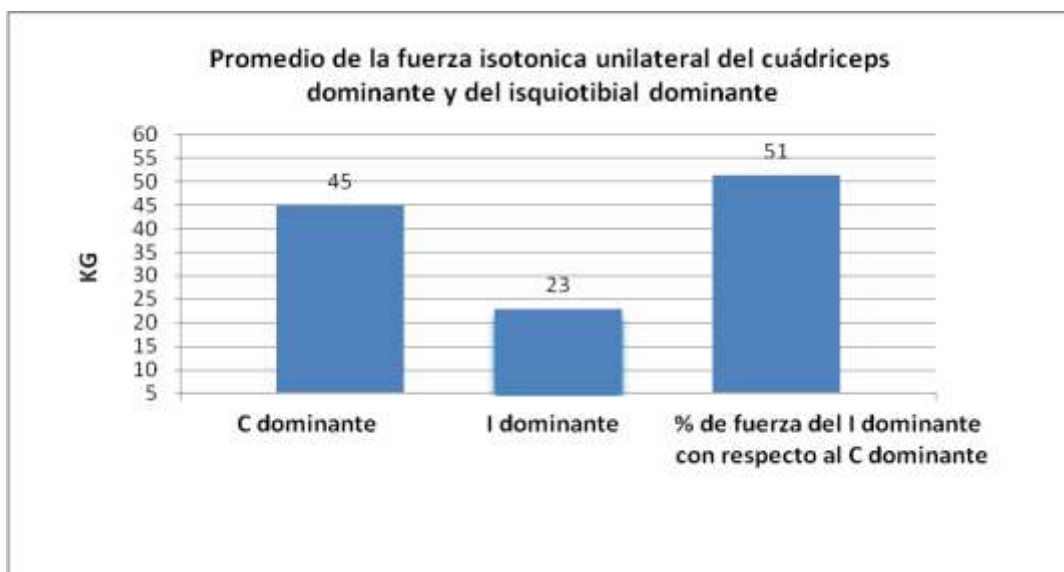
La gráfica presenta comparativamente, el promedio de fuerza isotónica del grupo muscular cuádriceps dominante expresado unilateralmente versus el promedio de fuerza isotónica del cuádriceps no dominante expresado unilateralmente. El cuádriceps dominante manifestó un promedio de fuerza isotónica correspondiente a 45 kg, entre tanto, el cuádriceps no dominante alcanzo a 42 kg. El porcentaje de fuerza del cuádriceps no dominante con respecto al cuádriceps dominante es de 93%.

Grafica 3. Promedio de la fuerza isotónica unilateral de los isquiotibiales



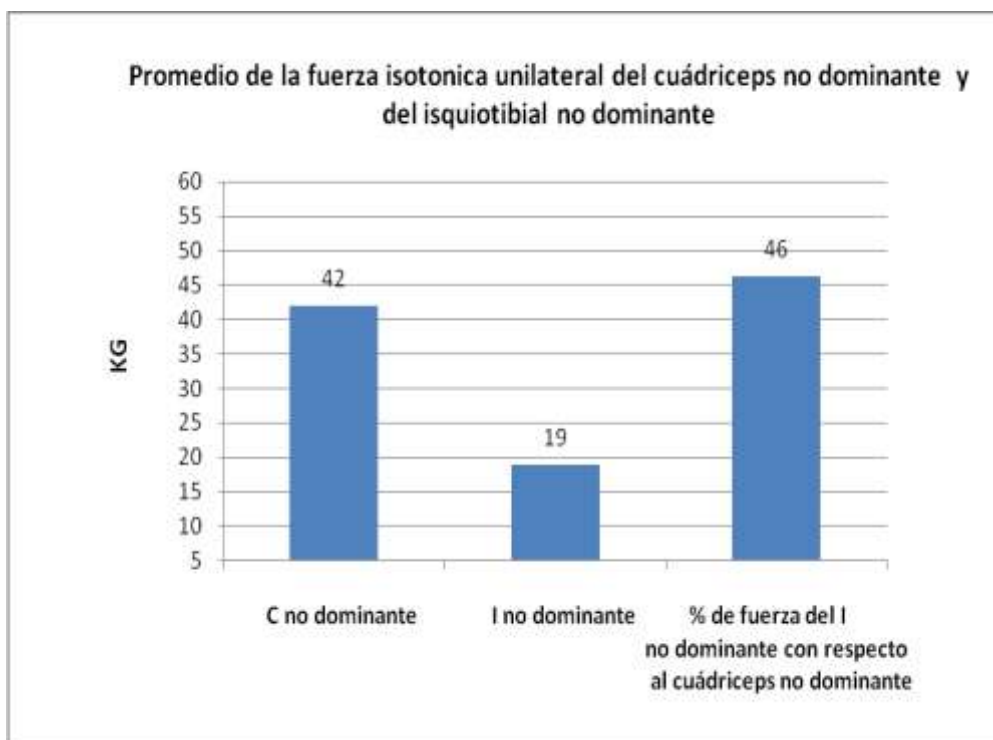
En la gráfica se puede apreciar el comparativo del promedio de fuerza el promedio de fuerza isotónica del grupo muscular isquiotibial dominante expresado unilateralmente versus el promedio de fuerza isotónica del isquiotibial no dominante expresado unilateralmente. El isquiotibial dominante manifestó un promedio de fuerza isotónica correspondiente a 23 kg, mientras, los isquiotibiales no dominantes alcanzaron a 19 kg. El porcentaje de fuerza del isquiotibial no dominante con respecto al isquiotibial dominante es de 83%.

Grafica 4. Promedio de la fuerza isotónica unilateral del cuádriceps dominante y del isquiotibial dominante.



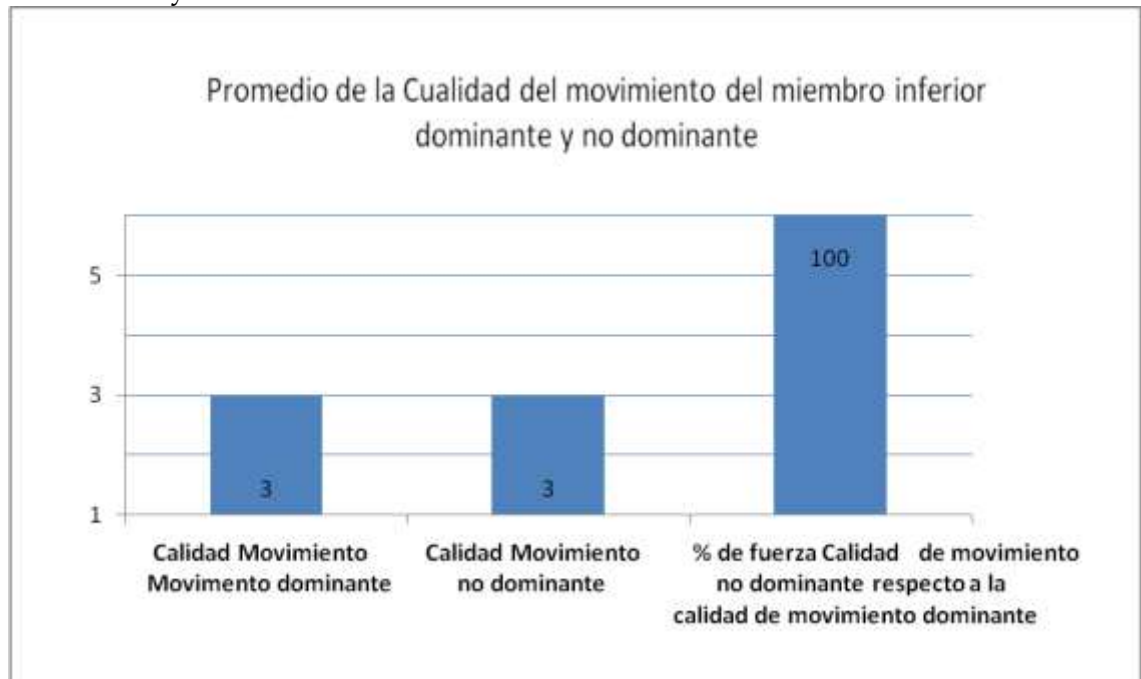
En la gráfica se puede apreciar el comparativo del promedio de fuerza isotónica del cuádriceps dominante expresado unilateralmente versus el promedio de fuerza isotónica del isquiotibial dominante también expresado unilateralmente. El cuádriceps dominante manifestó un promedio de fuerza isotónica correspondiente a 45 kg, mientras los isquiotibiales dominantes alcanzaron tan sólo 23 kg. El porcentaje de fuerza del isquiotibial dominante con respecto al cuádriceps dominante es de 51%.

Grafica 5. Promedio de la fuerza unilateral del cuádriceps no dominante y el isquiotibial no dominante.



En la gráfica se puede apreciar el comparativo del promedio de fuerza isotónica del cuádriceps no dominante expresado unilateralmente versus el promedio de fuerza isotónico del isquiotibial no dominante también expresado unilateralmente. El cuádriceps no dominante manifestó un promedio de fuerza isotónica correspondiente a 42 kg, mientras los isquiotibiales no dominante alcanzaron tan sólo 19 kg. El porcentaje de fuerza del isquiotibial no dominante con respecto al cuádriceps no dominante es de 46%.

Grafica 6. Promedio de la cualidad del movimiento del miembro inferior dominante y no dominante



La gráfica muestra el comparativo del promedio de la Calidad de Movimiento del miembro inferior dominante expresado unilateralmente versus el promedio de la Calidad del Movimiento del miembro inferior no dominante también expresado unilateralmente. La Calidad de Movimiento del miembro inferior dominante manifestó un promedio de 3 puntos, mientras la Calidad de Movimiento del miembro inferior no dominante alcanzo 3 puntos. El porcentaje de fuerza de la calidad del movimiento no dominante respecto a la calidad de movimiento dominante es de 100%.

9. DISCUSIÓN

Dentro de los principales hallazgos de la presente investigación se pudo constatar que las jugadoras de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira presentan desequilibrio en el cociente isquiotibial/cuádriceps para la fuerza Isotónica bilateral y unilateral, como se muestra en las gráficas 1,4 y 5 de los resultados de la presente investigación. Los isquiotibiales, tanto de forma bilateral como unilateral no alcanzaron el valor del 54%¹¹⁶ de la fuerza de los cuádriceps, lo que indica una deficiencia de los isquiotibiales para contrarrestar la fuerza ejercida por el cuádriceps, hecho que ha sido ampliamente corroborado por la literatura como factor de riesgo neuromuscular para lesión de rodilla en mujeres deportistas.¹¹⁷

Lo anterior, se puede corroborar en máquinas isotónicas, como lo plantean Devan y colaboradores,¹¹⁸ quienes señalan que una mayor fuerza de cuádriceps en relación con los isquiotibiales, es indicativo de desequilibrio muscular que finalmente puede conducir a una mayor incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior entre mujeres y hombres deportistas.

En otra investigación, pero esta vez en máquinas isocinéticas, los autores Hewett, Myer y Zazulakd,¹¹⁹ plantean que cuando se programan aumentos en las velocidades angulares durante la flexión y extensión de las rodillas, hay diferencias entre el género masculino y femenino. La conclusión del estudio es que si se aumenta la velocidades angulares en maquinas isocinéticas el género masculino aumenta la relación I/C, lo que conduce a mayor protección de la rodilla. Sin embargo, en el género femenino a mayores velocidades angulares se presenta una menor relación de I/C, lo que conduce una incidencia en lesión de rodilla.

¹¹⁶ MOSS, Crayton L. WRIGHT, Thomas P. Comparison of Three Methods of Assessing Muscle Strength and Imbalance Ratios of the Knee. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 28, No. 1, (1993); p. 57

¹¹⁷ MYER, Gregory; FORD, Kevin y HEWETT, Timothy. Rationale and clinical techniques for anterior cruciate ligament injury prevention among female athletes. United State. En: Journal of Athletic Training. Vol. 39, No. 4 (2004); p 352 - 354

¹¹⁸ DEVAN, Michelle R. et al. A Prospective Study of Overuse Knee Injuries Among Female Athletes with Muscle Imbalances and Structural Abnormalities. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 39, No. 3, 2004

¹¹⁹ HEWETT, Timothy E. MYER, Gregory D. ZAZULAKD, Bohdanna T. Hamstrings to Quadriceps Peak Torque Ratios Diverge Between Sexes with Increasing Isokinetic Angular Velocity. En: Journal of Science and Medicine in Sport. Cincinnati, United States. Vol. (2007), doi:10.1016/j.jsams.2007.04.009; p. 1

También, en máquinas isocinéticas, en la investigación realizada por Aagaard y colaboradores¹²⁰ se originó un hallazgo importante en el que la relación isquiotibial/cuádriceps proporcionó un valor superior e inclusive el doble en esta relación para una rápida extensión de la rodilla, lo que permite disminuir la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior. Estos resultados, sugieren que los isquiotibiales pueden tener mayor capacidad para la estabilización dinámica de la articulación de rodilla en los movimientos de flexión de rodilla que involucran la contracción muscular excéntrica del cuádriceps.

Se ha sugerido que un sistema muy desarrollado de los músculos cuádriceps permite que la relación I/C no sea óptima, lo que aumenta la susceptibilidad de lesión del ligamento cruzado anterior.¹²¹ Según la literatura, cuando la relación I/C se acerca a los valores normales, los isquiotibiales, tendrán mayor capacidad funcional para proporcionar estabilidad en la rodilla, reduciendo la posibilidad que la tibia se desplace anteriormente.

Otro hallazgo, que se puede apreciar en las jugadoras de baloncesto de la UTP, es que no existe desequilibrio muscular cuando se compara la fuerza isotónica de los cuádriceps dominantes y no dominantes, al igual que para los isquiotibiales dominantes y no dominante. Una de las razones por las cuales no se presencio desequilibrio muscular fue porque el grupo muscular menos débil igualo o supero los parámetros normales ente 80-85% respecto al músculo menos débil. Otra de de las razones, por las cuales existe equilibrio muscular en los mismos grupos musculares podría deberse a que son deportistas entrenadas, o porque la máquina propicia una buena biomecánica, ya que la máquina permite una óptima postura, además, de una palanca favorable para la producción máxima de fuerza. También es posible que el mismo grupo muscular tenga igualdad condiciones anatómicas, igualmente, en que no hayan antecedentes de lesión posibilita una mejores producciones de fuerza y finalmente las deportistas tendrán un buen direccionamiento del entrenamiento.

Otro hallazgo importante, es que la estimación de fuerza de los isquiotibiales de manera unilateral se produjo en máquina bipodal en posición erecta, y no en máquinas de curl femoral en posición prona, como normalmente se utiliza según la literatura.¹²² Por tal razón, los datos que arrojaron las deportistas fueron superiores a los obtenidos normalmente en posición prona. Esto debido, a que el cuerpo en posición bípeda genera una postura biomecanicamente más

¹²⁰AAGAARD, Per. et al. A New Concept For Isokinetic Hamstring: Quadriceps Muscle Strength Ratio. En: American Journal of Sports Medicine. Copenhagen, Denmark. Vol. 26, No. 2, 1998

¹²¹ ROSENE, John M. et al. Isokinetic Hamstrings: Quadriceps Ratios in Intercollegiate Athletes. En: Journal of Athletic Training. Hawaii, Honolulu. Vol. 36, No. 4, 2001

¹²² MOSS, Crayton L. WRIGHT, Thomas P. Comparison of Three Methods of Assessing Muscle Strength and Imbalance Ratios of the Knee. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 28, No. 1, (1993); p. 56

estable, permitiendo una mejor generación de fuerza de los isquiotibiales en esta posición, en colaboración de otros segmentos corporales como los miembros superiores, tronco y el miembro inferior que da la estabilidad al miembro inferior que es testado. Es decir, los isquiotibiales produjeron una mayor fuerza en comparación con los cuádriceps en esta máquina, por tanto, el cociente isquiotibial cuádriceps se aumenta, lo que disminuye la incidencia de lesión de ligamento cruzado anterior entre las deportistas.

Sin embargo, se debe hacer énfasis en que la correspondencia de estos valores está directamente relacionada con las ventajas mecánicas que ofrece cada máquina y que, por tanto, una posición de evaluación en prono puede no ser comparable con una posición de generación de fuerza bípeda. Esto supone, una limitación de la investigación y, a la vez, un direccionamiento a investigaciones futuras que arrojen datos aclarativos sobre estos fenómenos.

Las implicaciones que tiene el evaluar con la máquina bípeda y realizar el cociente contra una fuerza obtenida en extensiones en sedente, se desconoce, por lo que se sugiere que se generen más investigaciones que arrojen resultados acerca de la relación I/C en estas máquinas.

Por otro lado, el promedio de la calidad de movimiento del miembro inferior dominante y no dominante tuvo una calificación de 3 puntos, concluyendo que sus 2 miembros inferiores tienen una calidad aceptable,¹²³ dando como resultado una estabilidad adecuada de la rodilla sin presencia de dominancia ligamentaria ni de miembros inferiores. Esta calificación, se presentó gracias a que hubo un aceptable equilibrio, coordinación y control neuromuscular de los miembros inferiores y de sus respectivos ligamentos¹²⁴, contribuyendo a que las deportistas cuando realicen movimientos mediales de las rodillas producidos por los gestos deportivos como aterrizajes, giros, aceleraciones y desaceleraciones, prevengan el valgo exagerado de rodilla y eviten lesión de ligamento cruzado anterior.¹²⁵

Por otra parte, en otras situaciones la consecución de estas variables puede tener dificultades importantes en el campo deportivo normal porque no existen las máquinas para realizar un protocolo adecuado, sin embargo, para la realización de este estudio se realizó en estas máquinas, ya que se pudo conseguir que las máquinas de extensión del cuádriceps y flexión de los isquiotibiales tuvieran en su carga denominaciones de 5 libras. Por lo general,

¹²³ PIVA Sara R. et al. Reliability of Measures of Impairments Associated with Patellofemoral Pain Syndrome. En: Biomed Central. United State. Vol. 7, No. 33, (2006); p 6-7.

¹²⁴ GRABINER, M.D; KOH, T.J y DRAGANICH, L.F "Neuromechanics of the patellofemoral joint. Medicine Science Sports Exercise. Vol. 26,(1994); p. 10-21

¹²⁵ HEWETT TE, PATERNO MV, MYER GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. En: *Clinical Orthop.* (2002);402: p 76- 94.

estas máquinas la mayoría presentan denominaciones de carga de 10 libras generado imposibilidad del cumplimiento del protocolo de la 1 RM. Además, es importante que se establezca un protocolo de estimación para la 1 RM de manera más general no tan extenso en el que se pueda establecer tiempos cortos de descanso entre una serie y la otra para su aplicación, ya que los descansos de una serie y otra son demasiados largos.

Ahora bien, es importante que se generen más experiencias de investigación que pretendan identificar la presencia de estos factores de riesgo que generan lesión de ligamento cruzado anterior, debido a que las herramientas para la identificación de estos factores y sus variables son sencillas y no se desarrollan en el medio.

Igualmente, es de resaltar que no solo se generen investigaciones de este tipo en una sola disciplina deportiva, ya que el baloncesto no es el único deporte que genera cambios de dirección de manera rápida, que utiliza calzado especial para su práctica y además que el terreno de juego es papel importante en la lesión de ligamento cruzado anterior.

Además, los resultados de esta investigación resultan una herramienta útil para obtener un direccionamiento adecuado en el entrenamiento y competición diaria, según las necesidades de cada deportista, previniendo así la ruptura de ligamento cruzado anterior.

10. CONCLUSIONES

- Se ha encontrado la existencia de factores de riesgo neuromusculares como la contracción dominante del cuádriceps y la dominancia del miembro inferior, los cuales predisponen a lesión de rodilla, especialmente a lesión de ligamento cruzado anterior.
- Las jugadoras de baloncesto de la Universidad Tecnológica de Pereira presentan una deficiencia de los isquiotibiales para contrarrestar la fuerza bilateral y unilateral ejercida por los cuádriceps, como factor de riesgo neuromuscular para lesión de rodilla.
- No existe un desequilibrio muscular entre miembro inferior dominante y no dominante del grupo muscular del cuádriceps en el grupo de deportistas testado.
- No existe un desequilibrio muscular entre miembro inferior dominante y no dominante del grupo muscular del isquiotibial en el grupo de deportistas testado.
- No se presentó dominancia ligamentaria, ya a que hubo un equilibrio, coordinación y control neuromuscular de los miembros inferiores y de sus respectivos ligamentos.
- Cuando se utilizan máquinas de generación de fuerza en posición bípeda, los isquiotibiales produjeron una mayor fuerza comparada con la fuerza isotónica unilateral de los isquiotibial en posición prona.

11. RECOMENDACIONES

- a. Una posición de evaluación en sedente puede no ser comparable con una posición de generación de fuerza bípeda. Esto supone, una limitación de la investigación y, a la vez, un direccionamiento a investigaciones futuras que arrojen datos aclarativos sobre estos fenómenos.
- b. Las implicaciones que tiene el evaluar con la máquina bípeda y realizar el cociente contra una fuerza obtenida en extensiones en sedente, se desconoce, por lo que se sugiere que se generen más investigaciones que arrojen resultados acerca de la relación I/C en estas máquinas.
- c. Es importante que se generen más experiencias de investigación que pretendan identificar la presencia de estos factores de riesgo que generan lesión de ligamento cruzado anterior, debido a que las herramientas para la identificación de estos factores y sus variables son sencillas y no se desarrollan en el medio.
- d. Es importante que se establezca un protocolo de estimación para la 1 RM de manera más general no tan extenso en el que se pueda establecer tiempos cortos de descanso entre una serie y la otra para su aplicación, ya que los descansos de una serie y otra son demasiados largos.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. AAGAARD, Per. et al. A New Concept For Isokinetic Hamstring: Quadriceps Muscle Strength Ratio. En: American Journal of Sports Medicine. Copenhagen, Denmark. Vol. 26, No. 2, 1998
2. AGEL, Julie. et al. Descriptive Epidemiology of Collegiate Women`s Basketball Injuries. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 42, No. 2 2007; p. 207
3. ANCHUELA Ocana J. et al. La relación isquiotibiales/cuádriceps como índice predictivo de la gonartrosis. En: Revista Española de Cirugía Osteoarticular. Vol. 34, No. 197, (1999); p. 2-4
4. ARABIA MÁRQUEZ, William H. MÁRQUEZ, Jorge. ¿Por qué reconstruir el ligamento cruzado anterior con dos haces? Revisión de la literatura y anotaciones sobre la técnica quirúrgica. En: Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología. Bogotá, Colombia. Vol. 22, No. 4, p 222
5. ARENDT, Elizabeth A., AGEL, Julie y RANDALL, Dick. Anterior Cruciate Ligament Injury Patterns among Collegiate Men and Women. En: Journal of Athletic Training. Vol. 34, No. 2 (1999); p. 86-92.
6. ARMS, Steven W. et al. The Biomechanics of Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation and Reconstruction. En: American Journal of Sports Medicine. Vol.12, No. 1,(1984); p 2-11.
7. BODEN, BP, Dean GS, Feagin JA, Garrett WE Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. En: clinical orthopedics. Vol. 23, (2000) p. 573-578.
8. BOLGLA, Lori y MALONE, Terry. "Exercise prescription and patellofemoral pain: evidence for rehabilitation". En: Journal of Sport Rehabilitation. Vol. 14,(2005) p 72-88
9. BONCI, Christine M. (1999) "Assessment and evaluation of predisposing factors to anterior cruciate ligament injury". En: Journal of Athletic Training. Vol.34, No. 2. p. 155-164
10. CHAPPELL, J.D; KIRKENDALL, Yu B. y GARRET, W.E. "A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks". En: American Journal of Sports Medicine. Vol. 30, (2002), p 261-267

11. COOMBS, Rosalind. GARBUTT, Gerard. Developments in the use of the Hamstring/Quadriceps Ratio for the Assessment of Muscle Balance. En: Journal of Sports Science and Medicine. University of East London. Vol. 1, 2002
12. CORDOVA, Mitchell L. et al. A Comparison of Isokinetic and Isotonic Predictions of a Functional Task. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 30, No. 4, 1995; p. 319
13. DEVAN, Michelle R. et al. A Prospective Study of Overuse Knee Injuries Among Female Athletes with Muscle Imbalances and Structural Abnormalities. En: Journal of Athletic Training. United State. Vol. 39, No. 3, 2004
14. DYE, Scott F y VAUPEL, Geoffrey L. Functional anatomy of the knee: Bony geometry, static and dynamic restraints, sensory and motor innervation. En: LEPHART, Scott M y FU, Freddie H. Proprioception and neuromuscular control in joint stability. Human Kinetics. 2000 p. 63-64
15. EARLE, Beachle. Biomecánica de los Ejercicios de Fuerza. EN: Principios del Entrenamiento de la Fuerza y del Acondicionamiento Físico. EN: National Streght and Conditioning Association. Editorial Medica Panamericana 2ª Edición. P. 35-36-288-289
16. FERNÁNDEZ, Raima. Manual de Aerobic I. [artículo en línea]. Federación Española de Aerobic. <http://hispagimnasios.com/a_culturismo/step.php> (Enero de 2009).
17. GARCÍA, Góngora LH, Rosales García CM, González Fuentes I, Pujals Victoria N. Articulación de la rodilla y su mecánica articular. [artículo en línea]. MEDISAN 2003; 7(2). P. 103 <http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_2_03/san13203.htm> (Febrero de 2009).
18. GRABINER, M.D; KOH, T.J y DRAGANICH, L.F "Neuromechanics of the patellofemroal joint. En: Medicine Science Sports Exercise. Vol. 26, (1994); p. 10-21
19. GRIFFIN, Letha Y. et al. Understanding/Preventing Noncontact ACL Injuries.En: Medicine American Journal of Sports. Vol. 34, No. 9 (Enero. 2005); p. 3-18.
20. HENNING, Charles E. et al. An in Vivo Strain Gage Study of Elongation of the Anterior Cruciate Ligament. En: American Journal of Sports Medicine. Vol. 16, No. 1. 1985; p 2-6.

21. HEWETT, Timothy E. et al. (1996) "Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques". En: American Journal of Sports Medicine, 24 (6), 765-773
22. HEWETT, Timothy E. et al. (1999) "The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. En. American Journal of Sports Medicine, 27, 699-706
23. HEWTTE, Timothy E., MYER, Gregory D., FORD, Kevin R. Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injuries. Current Science Inc. 2001; p. 1-6.
24. HEWETT, TE, Paterno MV, Myer GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. En: *Clinical Orthopedics*. 2002;402:76– 94.
25. HEWETT, Timothy E.; MYER, Gregory D. y FORD, Kevin R. (2004) "Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes". *Journal of Bone and Joint Surgery(American)*, 86 (8), 1601-1608
26. HEWETT, Timothy E. et al. (2006) "Preparticipation physical examination using a box drop vertical jump test in Young athletes". En: *Clinical Journal Sport Medicine*. Vol. 16, No. 4, (2006); p 298-304
27. HEWETT, Timothy E. MYER, Gregory D. ZAZULAKD, Bohdanna T. Hamstrings to Quadriceps Peak Torque Ratios Diverge Between Sexes with Increasing Isokinetic Angular Velocity. En. *Journal of Science and Medicine in Sport*. Cincinnati, United States. Vol. (2007), doi:10.1016/j.jsams.2007.04.009; p. 4
28. HORTOBAGYI, Tibor. Et al. Altered hamstring-quadriceps muscle balance in patients with knee osteoarthritis. En: *Clinical Biomechanics*. Vol. 20, 2005;
29. IRELAND, Mary Lloyd. (2000) "Proprioception and neuromuscular control related to the female athlete". EN: LEPHART, Scott M y FU, Freddie H (Ed). *Proprioception and neuromuscular control in joint stability*. Human Kinetics, Champaign Illinois. 2000, p. 295
30. KAMINSKI, Thomas W. Concentric Versus Enhanced Eccentric Hamstring Strength Training: Clinical Implications. En: *Journal of Athletic Training*. Vol. 33, No. 3, 1998;
31. KERRIGAN, Casey D. et al. Knee joint torques: A comparison between women and men during barefoot walking. En: *Arch Phys Medicine Reability*. United State. Vol. 81 (2000); p. 1162- 1165

32. LEPHART, Scott M. et al. (2005) "Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in highschool athletes". En: British Journal of Sports Medicine. Vol. 39, p 932-938
33. LIU, Stephen H. et al. Estrogen affects the cellular metabolism of the anterior cruciate ligament. A potential explanation for female athletic injury. En: American Journal of Sports Medicine. United State. Vol. 25, No. 5 (1997); p. 704-709
34. LLOYD, David G y BUCHANAN, Thomas S. (2001) "Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee". En: Journal of Biomechanics. Vol. 34, No.10, p. 1257-1267
35. LOUDON, Janice Kaye et al. (2004) "The effectiveness of exercise in treating patellofemoral pain syndrome". Journal of Sport Rehabilitation. Vol. 13, p. 323-342
36. MIZUNO, Y et al. Q Angle influences tibiofemoral and patellofemoral kinematics. En: Journal of Orthopaedic Research. United State. Vol. 19 (2001); p 834-840
37. MOSS, Crayton L., WRIGHT, Thomas. Comparison of Three Methods of Assessing Muscle Strength and Imbalance Ratios of the Knee. En: Journal of Athletic Training. Vol. 28, No. 1, 1993; p 1-4.
38. MURPHY, D.F.; CONNOLLY, D.A.J Y BEEYNNON. Risk factors for lower extremity injury. En: British journal of sports medicine. England. Vol. 37 (2003); p. 15
39. MYER, Gregory D., FORD, Kevin R., HEWETT, Timothy E. Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes. En: Journal of Athletic Training. Vol. 9, No. 4 (Dic. 2004); p. 1-12.
40. REMAUD, Anthony. et al. A Methodologic Approach for the Comparison Between Dynamic Contractions: Influences on the Neuromuscular System. En: Journal of Athletic Training. Nantes, France. Vol. 40, No. 4, 2005;
41. OLSEN, O.E et al. (2004) "Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in teamhandball: a systematic video analysis". En: American Journal of Sports Medicine, 32, 1002-1012

42. ROSENE, John M. et al. Isokinetic Hamstrings: Quadriceps Ratios in Intercollegiate Athletes. En: Journal of Athletic Training. Hawaii, Honolulu. Vol. 36, No. 4, 2001
43. PIVA, Sara R. Et al. Reliability of measures of impairments associated with Patellofemoral pain syndrome. En: Biomed Central. United State. 2006; p 1-13.
44. SCOTT, Norman W. Lesiones de los Ligamentos y del Aparato Extensor de la Rodilla. Ed. Mosby. 1992.
45. SHACHTER, S., BUTTARO, J. et al. Lesiones Inveteradas del Ligamento Cruzado Anterior de la Rodilla. En: Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología, Vol. 51, Tomo 3: 207-223, 984. 1993.
46. SILVERS, Holly Jacinda., MANDELBAUM, Bert R. Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury in the Female Athlete. En: British Journal of Sports Medicine. (3 Jul. 2007); P 2-8.
47. SOFI K.B, Tagesson., KVIST, Joanna. Intra- and Interrater Reliability of the Establishment of One Repetition Maximum on Squat and Seated Knee Extension. En: Journal of Strength and Conditioning Research. Suecia. 2007; p 1-6.
48. TAGESSON, Sofi, K.B. KVIST, Joanna. Intra- and Interrater Reliability of the Establishment of One Repetition Maximum on Squat and Seated Knee Extension. En: Journal of Strength and Conditioning Research. Suecia. 2007 21(3); p 801.
49. TREJOS PARRA, Jhon J., TRUJILLO HENAO, Samuel E. Anatomía para Profesionales Afines a la Salud. 3 ed. Armenia (Colombia): Kinesis, 1998.
50. Tropp H, Odenrick P. Postural control in single-limb stance. En: *Journal Orthopedics*. Vol. 6, (1998); p 833-839.
51. UHORCHAK, JM. et al. Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament. American Journal of Sports Medicine. United State. Vol. 31, (2003); p 831-842
52. VARGAS MUÑOZ Edgar A. AVENDAÑO, Natasha. Reconstrucción artroscópica del Ligamento Cruzado Anterior. En: Repertorio de Medicina y Cirugía. Bogotá, Colombia. Vol. 9, No. 1 Agosto 2000; p 7

53. WILKERSON GARY B. et al. (2004) "Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump-training program". En:Journal of Athletic Training, 39 (1), 17-23
54. WOJTYS, Edward M. et al. Neuromuscular adaptations in isokinetic, isotonic, and agility training programs. En: American Journal of Sports Medicine. United State. Vol. 24, No. 2 (1996); p. 187 - 192

ANEXOS

ANEXO A: CONSENTIMIENTO INFORMADO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA CIENCIAS DEL DEPORTE Y LA RECREACIÓN

INVESTIGACIÓN:
“FACTORES DE RIESGOS NEUROMUSCULARES PARA LESIÓN DE
RODILLA EN EL EQUIPO FEMENINO DE BALONCESTO EN LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA”

CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PARTICIPACIÓN EN INVESTIGACIÓN

El consentimiento informado es la declaración que usted da por escrito de su libre voluntad de participar en la investigación luego de comprender en qué consiste, tal como se presenta enseguida.

Objetivo de la Investigación:

Identificar los factores de riesgo neuromusculares para lesión de ligamento cruzado anterior en las deportistas del equipo de baloncesto de la Universidad Tecnológica Pereira.

Justificación de la Investigación:

Las intervenciones han demostrado que tras evaluar las características neuromusculares se disminuyen las tasas de lesión. Esto, lo corroboran los autores Henning¹²⁶, Hewett y sus colaboradores¹²⁷ los cuales pusieron en marcha estudios de prevención en diferentes deportes como el baloncesto, el balonmano, el esquí y el fútbol durante semanas y hasta años, orientados a los cambios en la técnica de los jugadores, a los entrenamientos de saltos en la mecánica del aterrizaje y en la fuerza de los miembros inferiores, utilizando aceleraciones, desaceleraciones y cambios de dirección.

Es por esto importante, que se generen estrategias de evaluación y prevención que propendan por identificar e intervenir estos comportamientos

¹²⁶HENNING, Cegn. Injury prevention of the anterior cruciate ligament [videotape]. En: Mid-America Center for Sports Medicine, Wichita, Kansas, USA.(1990).

¹²⁷HEWETT, Timothy E.et al. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. En: American Journal Sports Medicine. United State. Vol, 24.No. 6. (1996); p. 765-773

neuromusculares alterados para evitar la aparición de desórdenes de rodilla en el futuro deportivo o de ejercicio recreativo de las mujeres. Aunque muchas de estas evaluaciones sólo se pueden desarrollar en laboratorios del movimiento humano altamente especializados, se han propuesto una serie de test de campo de gran validez y aplicación a la población deportiva. Entre ellos encontramos: El test de calidad de movimiento de miembros inferiores, y los test de fuerza dinámica máxima unilateral.

Molestias y Riesgos Esperados:

Durante los procedimientos anteriores, usted puede sentir cansancio generalizado, pero está es normal, así que el riesgo es mínimo. Además, estará acompañado de dos evaluadores quienes estarán pendientes de ayudarles durante el desarrollo de los test.

Beneficios esperados:

- Evitar lesiones osteomusculares en miembro inferior, específicamente en rodillas.
- Evitar lesión de ligamento cruzado anterior.
- Podrán mejorar la técnica, habilidad, coordinación y rapidez de las acciones propias de juego.
- El entrenador podrá modificar de manera acertada el entrenamiento de la fuerza de los deportistas, para obtener un mayor rendimiento deportivo.
- Las deportistas podrán entrenar con mayor confianza, sin pensar en una posible lesión ligamentaria.
- Se identificará a cada deportista los desequilibrios neuromusculares. (dominancia ligamentaria, contracción dominante del cuádriceps y dominancia del miembro inferior).
- Las deportistas se darán cuenta si tienen algún tipo de desequilibrio muscular.
- Recibirán individualmente la documentación de las pruebas a realizar y de sus posibles recomendaciones.

Garantía de Respuesta a Inquietudes:

Usted recibirá respuesta a cualquier pregunta que le surja acerca de la investigación.

Garantía de Libertad:

Usted podrá retirarse de la investigación en el momento en el que lo desee, sin ningún tipo de represalia.

Confidencialidad:

Los nombres y toda la información personal será manejada de forma privada, solo se divulgará la información general de la investigación.

Garantía de información:

Usted recibirá toda la información significativa que se vaya obteniendo durante el estudio.

Garantía de Indemnización:

No existe la posibilidad de producir lesiones permanentes en las deportistas por causa de la investigación, por lo cual no se requiere garantizar indemnización. De todas formas la Universidad respalda la investigación.

Gastos Adicionales:

En caso de que existan gastos adicionales durante el desarrollo de la investigación, serán costeados con el presupuesto de la misma.

Yo certifico que he leído la anterior información, que entiendo su contenido y que estoy de acuerdo en participar en la investigación. Se firma a los ____ días, del mes _____, del año 2011.

Firma

Nombre:

cc:

